
Autorenenumgebung für Serious Games

StoryTec: Eine Autorenenumgebung und narrative Objekte für personalisierte Serious Games

Dem Fachbereich Informatik der TU Darmstadt vorgelegte Habilitationsschrift

von Dr.-Ing. Stefan Göbel



Autorenumgebung für Serious Games

StoryTec: Eine Autorenumgebung und narrative Objekte für personalisierte Serious Games

Vorgelegte Habilitationsschrift

Vorgelegt von Dr.-Ing. Stefan Göbel

Tag der Einreichung des Habilitationsgesuches: 14. Juni 2017

Technische Universität Darmstadt

Fachbereich Informatik¹

Fachbereich Elektrotechnik & Informationstechnik²

¹ Das Habilitationsgesuch erfolgt am Fachbereich Informatik.

² Die Habilitationsschrift entstand während der Beschäftigung im Fachbereich Elektrotechnik & Informationstechnik. Im Vorfeld der Einreichung fand zwischen den Fachbereichen eine Abstimmung statt.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Habilitationsschrift und die im Verzeichnis meiner wissenschaftlichen Veröffentlichungen angegebenen Werke – abgesehen von den in ihr ausdrücklich genannten Hilfen – von mir selbständig verfasst worden sind.

Hiermit erkläre ich weiterhin, dass ich zu keinem früheren Zeitpunkt um die Einleitung eines Habilitationsverfahrens gebeten habe.

Darmstadt, den 12. Juni 2017

Dr.-Ing. Stefan Göbel

Danksagung

Mein persönlicher Dank gilt Professor Ralf Steinmetz, der es mir Ende 2008 ermöglicht hat, das Thema Serious Games am Lehrstuhl Multimedia Kommunikation – KOM zu platzieren, ein Forschungsteam aufzubauen und das Thema Serious Games bei KOM und an der Technischen Universität Darmstadt zu etablieren und auch im Land Hessen und in der überregionalen Forschungslandschaft mit zu prägen.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Kolleginnen und Kollegen bei KOM und der Serious Games Forschungsgruppe für die gute kollegiale Zusammenarbeit und die tolle Unterstützung in den vielfältigen F&E-Tätigkeiten. Dies beinhaltet sowohl die fachliche Zusammenarbeit als auch die wertvolle Unterstützung in administrativen Prozessen oder etwa bei der Organisation von Veranstaltungen. Namentlich genannt seien an dieser Stelle die Wissenschaftlichen Mitarbeiter Florian Mehm, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Johannes Konert, Christian Reuter, Tim Dutz, Michael Gutjahr, Laila Shoukry, Christopher Ritter, Stefan Krepp, Augusto Garcia, Thomas Tregel und Robert Konrad sowie Sabrina Vogt als Kooperationspartnerin im Bereich Design. Zusätzlich danken möchte ich auch ausdrücklich allen wissenschaftlichen Hilfskräften und den zahlreichen Studenten, die tatkräftig die F&E-Aktivitäten unterstützt und auch oftmals wertvolle Impulse für neue Ideen gegeben haben.

Danken möchte ich auch allen Kooperationspartnern aus Forschung und Industrie, mit denen ich im Rahmen von „Science meets Business“-Projekten an gesellschaftlich relevanten, innovativen Themen arbeiten durfte. Exemplarisch möchte ich an dieser Stelle die Kooperation innerhalb der TU Darmstadt im Kontext des Forums für Interdisziplinäre Forschung nennen – u.a. mit dem Fachgebiet Didaktik der Mathematik sowie dem Institut für Sportwissenschaft und Arbeitsgruppen in der Psychologie – als auch die langjährige Kooperation mit Deck13, KTX Software Development und Ascora in verschiedenen regionalen, nationalen und internationalen Projekten sowie die Kooperation mit Hessen-IT und Darmstadt Marketing im Rahmen der GameDays sowie die Verbandsarbeit im GAME Bundesverband und der FG Entertainment Computing der Gesellschaft für Informatik.

Abgesehen von KOM möchte ich auch allen Weggefährten, Kolleginnen und Kollegen in meiner Zeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Graphische Informationssysteme (GIS) am Fraunhofer IGD und als Abteilungsleiter der Gruppe Digital Storytelling am ZGDV Darmstadt danken. Namentlich nennen möchte ich in diesem Zusammenhang zuallererst Professor Jose Encarnação sowie Christine Giger[†] und Uwe Jasnoch, Volker Jung, Dirk Balfanz, Volker Coors, Jörg Haist, Monika Heidemann, Ursula Kretschmer, Jörg Haist, Daniel Holweg und Heiko Blechschmidt sowie Johanna Dechau, Norbert Braun, Oliver Schneider, Ido Iurgel, Anja Hoffmann, Ulrike Lohde, Reiner Wichert, Felicitas Becker, Rene Zumack, Rainer Malkewitz und Axel Feix. Meine Zeit am Fraunhofer IGD beinhaltet auch die tolle Zusammenarbeit u.a. mit dem Hessischen Landesvermessungsamt, der Firma Intergraph, dem Spin-Off GIStec, der Uni Konstanz und vielen weiteren Partnern aus Forschung und Industrie im Rahmen von Projektaktivitäten, u.a. im InGeoForum, InGeo-IC und den EU-Projekten INVISIP und art-E-fact.

Auch möchte ich die kollegiale Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen am Fachbereich Digital Media im Rahmen meiner Lehrtätigkeiten an der Hochschule Darmstadt nicht missen.

Letztlich möchte ich von ganzem Herzen meinen Eltern, meiner Frau Constanze und meinen beiden Kindern Florian und Susanne Evi danken, die mir diesen beruflichen Werdegang ermöglicht haben, mich stets unterstützt und das nötige Verständnis für Aktivitäten – oft auch über herkömmlich übliche Büroarbeitszeiten hinaus – aufgebracht haben. Auf ihre Hilfe und ihren Rückhalt konnte ich mich immer verlassen, insbesondere auch in schwierigen Zeiten. Dies ist sehr wertvoll – vielen herzlichen Dank!

Darmstadt, im Juni 2017
Stefan Göbel



Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
1 Einführung	1
1.1 Definition und Motivation.....	1
1.2 Status Quo der Serious Games	2
1.2.1 Wissenschaftlich-technische Grand Challenges.....	3
1.2.2 Wirtschaftliche und ethisch-rechtliche Aspekte.....	4
1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	7
2 Serious Games Technologien	9
2.1 Authoring – Technologien zur Erstellung von Serious Games	9
2.2 Control – Personalisierte, adaptive Steuerung von Serious Games	11
2.3 Evaluation – Bestimmung der Effekte von Serious Games	12
3 StoryTec Autorenumgebung	14
3.1 StoryTec Framework	14
3.2 StoryTec Editor	15
4 Narrative Game-based Learning Objects	19
5 Serious Games für Bildung und Gesundheit	21
5.1 80Days: Digitales Lernspiel für Geographie	21
5.2 ErgoActive: Personalisiertes, spielerisches Ausdauertraining	24
6 Zusammenfassung und Ausblick	27
6.1 Ergebnisse – Zusammenfassung der Beiträge der Arbeit	27
6.2 Ausblick – weiterführende Forschungsarbeiten	27
7 Literaturverzeichnis	28
8 Anhang – Ausgewählte Publikationen	37

1 Einführung

1.1 Definition und Motivation

„Der Mensch ist nur da ganz Mensch, wo er spielt.“
Schiller (1759 – 1805)

Serious Games sind Spiele, die Game-Technologien und spielerische Konzepte mit weiteren Technologien und Konzepten (u. a. aus den Human- und Wirtschaftswissenschaften) kombinieren und in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Entsprechend sollen Serious Games – wie auch reine Unterhaltungsspiele – Spaß machen, andererseits aber immer auch ein weiteres charakteristisches Ziel, ein sogenanntes „characterizing goal“ adressieren [DGEW16]. Beispiele für Serious Games umfassen Gesundheitsspiele, die zur aktiven sportlichen Betätigung motivieren und den Vitalstatus verbessern (Prävention, Reha), oder Serious Games in der Form von Lernspielen oder spielerischen Trainings- und Simulationsumgebungen im Bereich der Aus-, Weiter- und Fortbildung. Weitere Anwendungsbereiche von Serious Games umfassen Werbung und Marketing, Kultur und Tourismus, (Bürger-)Beteiligung und (Stadt-)Planung oder die Bewusstseinschaffung für gesellschaftlich relevante Themen wie Sicherheit, Religion, Klima oder Energie.



Abb. 1: Serious Games Verständnis von S. Göbel, Serious Games Conference 2010 [SGC10-11].

Im Zuge der Informations- und Wissensgesellschaft und der „creative industries“ gewinnen Serious Games immer mehr an Bedeutung – nicht nur als spannendes Anwendungsgebiet für die Forschung, sondern auch als ernstzunehmender Wirtschaftsfaktor. Junge Menschen wachsen mit Computerspielen und Informationstechnologie auf; neben dieser Gruppe der Digital Natives nutzen auch Menschen im mittleren Alter („digital immigrants“) und Senioren („silver generation“, „silver gamers“) immer mehr Spiele. In Deutschland spielten 2015 ca. 42% der Bevölkerung regelmäßig Computerspiele – davon 47% Frauen; das Durchschnittsalter der Spieler¹ beträgt 35 Jahre [BIU17].

¹ In dieser Schrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

1.2 Status Quo der Serious Games

Serious Games gewinnen immer mehr an Bedeutung, nicht nur als interessantes, interdisziplinäres Forschungsgebiet, sondern auch als relevanter Wirtschaftsfaktor. Bereits 2010 titelte eine IDATE-Studie „Serious Games – A 10 billion euro market in 2015“ [IDATE10]. Im gleichen Jahr sagte das US Marktforschungsinstitut Apply Group voraus, dass Serious Games die nächste Evolution im Bereich Computer-gestütztes Lernen sein und 135 der weltweit größten Unternehmen Serious Games für die betriebliche Aus-, Weiter- und Fortbildung einsetzen werden. Aktuelle Prognosen des Bundesverbandes für Interaktive Unterhaltungssoftware (BIU) schätzen den Anteil von Serious Games in Bezug auf den gesamten Games-Markt in Deutschland mittelfristig auf circa 30 Prozent. Singuläre wissenschaftliche Studien zeigen positive Effekte von Serious Games, vor allem in den Bereichen Bildung und Gesundheit. Als Paradebeispiel in diesem Kontext gilt die Studie von Kato [KCBP08], in der ein verbesserter Therapieverlauf (Bereitschaft, gegen die Krankheit zu kämpfen; Steigerung der Adhärenz in der Medikation) von Krebspatienten nachgewiesen werden konnte, die zuvor das Spiel Re-Mission gespielt haben.

Dennoch ist die Akzeptanz von Serious Games sowohl auf Entwicklerseite (Spieleentwickler, Technologie-Provider, Domäne-Experten) als auch auf Seiten der „Intermediaries“ (z.B. Ausbilder, Trainer oder Ärzte und Therapeuten) und der Endkunden (private Nutzer, Schüler, Auszubildende, Berufstätige, Patienten) im Allgemeinen bis dato noch nicht sehr groß. Worauf ist dies zurückzuführen?

- 1) Aus (End-)Kundensicht entsprechen verfügbare Serious Games oft nicht der Erwartungshaltung der Konsumenten: Diese vergleichen Serious Games mit Unterhaltungsspielen, die aufwändig produziert werden (Entwicklungsbudgets im ein- bis dreistelligen Millionenbereich) und eine entsprechende Qualität (Graphik, Sound, Interaktion, (Vielfalt an) Inhalt, Gameplay, Story, Spielspaß im Allgemeinen, etc.) aufweisen. Im Gegensatz dazu sind die Entwicklungsbudgets von Serious Games oftmals wesentlich geringer (fünf- bis sechsstelligen Euro Beträge).
- 2) Intermediaries und Entscheidungsträger zur Investition von Serious Games (z.B. Personal Manager, die über den Einsatz von Serious Games zur innerbetrieblichen Schulung/Training entscheiden, oder Ärzte/Therapeuten, die abwägen, Serious Games als „Tool“ im Rahmen einer Rehabilitation/Therapie einzusetzen) benötigen vor allem einen Nachweis über die erzielbaren Effekte der Spiele. Des Weiteren ist oftmals gar nicht klar, welche Serious Games überhaupt existieren, ob diese frei verfügbar sind und für welche Zielgruppe sie (wie gut) geeignet sind.
- 3) Spieleentwickler (von Unterhaltungsspielen) und Technologie Provider sind im Allgemeinen nicht mit den Prozessen von Serious Games (Entwicklungen, Beteiligte) vertraut, und es fehlt der Marktzugang für Serious Games bzw. die einzelnen Marktsegmente-/Anwendungsbereiche von Serious Games. Auch sind die Entwicklungsbudgets und Geschäfts-/Distributionsmodelle von Serious Games in Form von direkter Auftragsentwicklung für einzelne Kunden (Firmen – B2B-Markt) oder für (typischerweise) kleine Nutzergruppen (z.B. Personen mit einem speziellen Krankheitsbild – B2C-Markt) für Spieleentwickler nicht so lukrativ wie die Entwicklung und Verwertung/Vertrieb von Unterhaltungsspielen mit einer hohen Anzahl von Abnehmern.

Die „**Grand Challenges**“ von Serious Games umfassen somit drei Ebenen:

- (1) Allgemein herrscht, wie oben beschrieben, ein Problem der **Nutzerakzeptanz**. Vor allem Kunden und Intermediaries haben oftmals eine falsche Erwartungshaltung bzgl. der Qualität (vgl. Unterhaltungsspiele) und nötiger Kosten für Serious Games (vgl. Computer-/Web-based Trainings und klassisches E-Learning). Zudem besteht oftmals eine Skepsis gegenüber personalisierten, adaptiven Systemen/Spielen, bei denen das Spiel- und Nutzerverhalten (Vitalstatus, Lernfortschritt etc.) beobachtet, aufgezeichnet, ausgewertet und entsprechend darauf reagiert wird.
- (2) Dies führt unmittelbar in die Ebene der **wirtschaftlich-rechtlichen Aspekte**: Oftmals wird die Komplexität von Serious Games nicht gesehen (alle Aspekte der Entwicklung von Unterhaltungsspielen plus die weitere Dimension des „characterizing goal“, die sich auf alle Phasen der

Entwicklung und auch der Verwertung von Serious Games auswirkt) und geringe Kosten (Entwicklung, Verkaufspreis) für Serious Games erwartet. Entsprechend ist klar ersichtlich, dass qualitative Serious Games auch ihren Preis haben (müssen). Dieses Verständnis gilt es, in die Öffentlichkeit und die Anwendungsbereiche zu transportieren. Dabei müssen auch die Risiken bzw. Chancen, Potentiale und technische Lösungsmöglichkeiten zur sachgerechten Behandlung und Sensibilisierung von ethisch-rechtlichen Fragestellungen offen thematisiert werden.

- (3) **Wissenschaftlich-technische Aspekte** adressieren ebenfalls die Charakteristik von Serious Games (Games UND characterizing goal) und betreffen alle Phasen der Entwicklung – unter Berücksichtigung aller beteiligten Stakeholder (inklusive Fachleute und Endkunden aus den Anwendungsbereichen) – als auch die personalisierte, adaptive Steuerung (angepasst auf die individuellen Bedürfnisse einzelner Nutzer/Nutzergruppen) und Evaluation (Bestimmung der Effekte: Spielspaß/Affekte plus characterizing goal wie Lernziele/Vitalstatus).

Leitmotiv: Basierend auf dieser Ausgangssituation werden in dieser Habilitationsschrift Serious Games Technologien aufgezeigt werden, die eine effiziente Entwicklung von Serious Games, deren adaptive Steuerung und Evaluation ermöglichen.

1.2.1 Wissenschaftlich-technische Grand Challenges

Serious Games sind hochkomplex und vereinen den Entwicklungsprozess und die Eigenschaften von Unterhaltungsspielen mit den Charakteristika von Serious Games Anwendungsbereichen wie Bildung, Training und Gesundheit. Diese Anforderungen umfassen die verschiedenen Phasen/Stufen im Lifecycle eines Serious Game (Bedarf/Anforderungsspezifikation, Erstellung, Testen, Veröffentlichung, Nutzung, Akzeptanz/Effekte; iterative (Weiter-)entwicklung) als auch die Einbeziehung aller Stakeholder (Entwickler, Fachexperten, Technologie Provider) und die Nutzung/Integration von Basistechnologien und interdisziplinären wissenschaftlich-technischen Konzepten (u.a. aus den Human-, Sozial- und Wirtschafts-wissenschaften) in diesen Phasen.

Diese Vielfalt spiegelt sich im wissenschaftlichen Umfeld in einer breiten Konferenzlandschaft wider: Nur wenige Konferenzen wie die Joint Conference on Serious Games [JCSG] – seit 2015 Verschmelzung der beiden Konferenzen Serious Games Development and Applications und der GameDays Konferenz – adressieren im Kern die Charakteristik von Serious Games. Andere Konferenzen betrachten Serious Games eher aus dem Blickwinkel etablierter Technologiefelder wie Lerntechnologien, Künstliche Intelligenz (AI), Mensch Technik Interaktion (HCI), Mobile Computing und Sensortechnologie, Multimedia und Computergraphik oder fokussieren primär/ausschließlich auf den Unterhaltungsaspekt (z.B. International Conference on Entertainment Computing [ICEC] oder Foundations of Digital Games [FDG]) oder spezielle Anwendungsbereiche wie Bildung und Gesundheit, beispielsweise die European Conference on Digital Games-based Learning [ECGBL] oder Games for Health (Europe) [G4HE].

Des Weiteren unterstreicht auch das folgende Zitat eines von der Digital Games Research Association (DIGRA), der Digital Games Research Temporary Working Group der European Communication Research and Education Association (ECREA) und der Games Studies SIG der International Communication Association (ICAHDQ) in Auftrag gegebene Studie zur Bestimmung des Status Quo der Games-Forschung die Komplexität von Games allgemein – ohne explizit die weitere Dimension und Charakteristika von Serious Games zu betrachten:

“Digital games research is a young, growing, multidisciplinary field of study. It spans disciplines as diverse as arts, humanities, social sciences, psychology, design, computer science, engineering, and others. This diversity and richness is part of its strength—but also one of its challenges.”

Die Folgerung hieraus ist **“Es gibt nicht *die eine* Serious Games Technologie”**, sondern es handelt sich immer um eine Kombination von Technologien und Ansätzen im interdisziplinären Kontext – plus der Spezifika von dedizierten Serious Games Anwendungsbereichen.

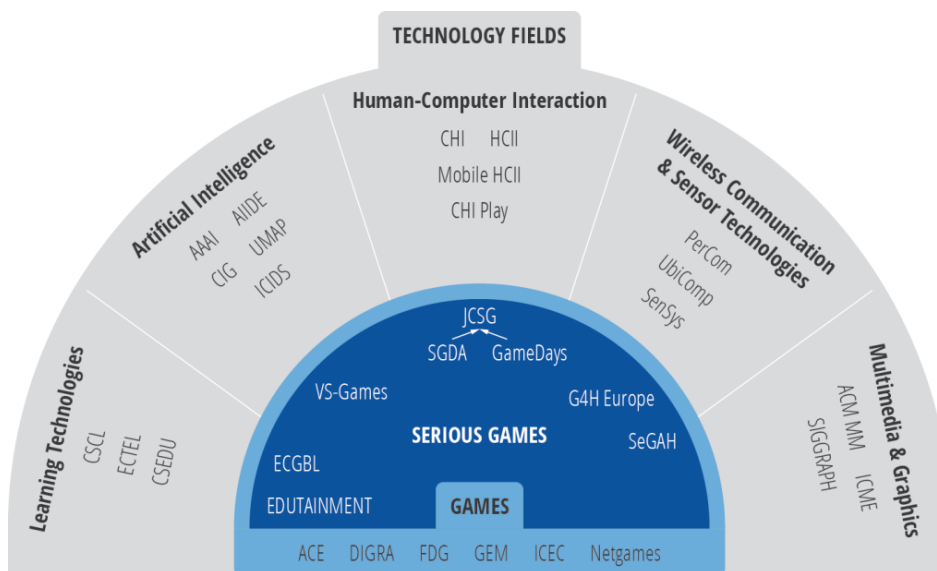


Abb. 2: Konferenzlandschaft im Bereich Serious Games Technologies. Quelle: S. Göbel, [DGK+16]

Weitere Ausführungen zum Status Quo und zu wissenschaftlich-technischen Ansätzen in den Bereichen Authoring, Control und Evaluation von Serious Games enthalten die gleichnamigen Abschnitte in Kapitel 2 „Serious Games Technologien“.

1.2.2 Wirtschaftliche und ethisch-rechtliche Aspekte

Analog zu den wissenschaftlich-technischen Grand Challenges im Bereich Serious Games und der Vielfalt an communities im wissenschaftlichen Bereich (s. Abbildung 2 Konferenzlandschaft) gilt auch im wirtschaftlichen Bereich: „Es gibt nicht genau *den einen* (klar umrissenen) **Serious Games Markt**“, sondern vielmehr eine Anzahl von Marktsegmenten, in denen Serious Games zum Tragen kommen. Die EU umschreibt diese Situation in ihrer ersten Ausschreibung „ICT 21 – 2014: Advanced digital gaming and gamification technologies“ im Förderprogramm Horizon 2020 als „**scattered industry**“ [EUAG14]. Dabei werden Serious Games einerseits als vielversprechende, innovative Technologie und Triebfeder der Kreativwirtschaft in Europa angesehen; andererseits wird die Komplexität, Vielfalt und Diversität des Feldes mit vielen Beteiligten (Stakeholdern) und einem Mix aus technischen und sozio-ökonomischen Aspekten adressiert, die in einer „scattered industry“ münden. Das breite Spektrum an Serious Games Anwendungsbereichen spannen Sawyer und Smith in ihrer Serious Games Taxonomie auf [SS08]. Ludoscience [SGCS], die Serious Games Association oder das Center for Digital Games Research Santa Barbara [HGD_{ir}] bieten in ihren Archiven (heterogene) Klassifikations-Schemata zur Kategorisierung von Serious Games bzw. speziell für Health Games.

Relevante Marktsegmente von Serious Games umfassen im Wesentlichen die Spieleindustrie selbst, den Bildungsbereich (mit den Facetten Lernspiele, Ausbildung, Training und Simulation) und den Gesundheits-/Health-IT Markt (incl. mHealth). Des Weiteren werden Serious Games und gamification-Prinzipien auch immer öfter als spielerisches Mittel/Anreizsystem zur Kundengewinnung und -bindung im Bereich Marketing und Werbung oder auch als Recruiting-Instrument zur Gewinnung von neuen Mitarbeitern eingesetzt. Weitere Anwendungsbereiche von Serious Games sind (in der Form von Social Awareness und Social Impact Games/Games for Change) gesellschaftlich relevante Themen wie Politik, Sicherheit, Religion, Kultur, Tourismus, Mobilität, Energie oder Klima. Hierbei soll spielerisch das Bewusstsein und der verantwortungsvolle Umgang (Verhalten) gefördert werden. Einen Überblick über Serious Games Anwendungsbereiche mit 37 ausgewählten Best-Practice Beispielen bietet Göbel im Serious Lehrbuch [DGEW16], Chapter 12 „Serious Games Application Examples“, p. 319-405.

Serious Games als Teil des Games Marktes: Der Games-Markt wird als Triebfeder für die Kreativwirtschaft (creative industries) bezeichnet: Marktstudien beziffern den weltweiten Games-Markt auf \$91.5 Milliarden USD in 2015 und prognostizieren einen Anstieg bis auf \$113.3 Milliarden USD in 2018. Serious Games stellen somit einen vielversprechenden Teil des Games-Marktes dar und sind als Thema – im Gegensatz zu Unterhaltungsspielen und der dabei leider immer noch oft geführten Killerspiel-Debatte – gesellschaftlich voll akzeptiert. Bereits 2010 sagte das US-Marktforschungsinstitut Apply Group voraus, dass Serious Games die nächste Evolution(swelle) im Bereich Computer-gestütztes Lernen darstellen und 135 der 200 weltweit größten Unternehmen Serious Games einsetzen werden. In seinem “2015 Global Games Market Report” prognostiziert das Marktforschungsinstituts Newzoo, dass der globale Games Markt bis zum Jahre 2018 auf \$113.3 Milliarden USD ansteigen wird, was eine Wachstumsrate von 7,9% von 2014 – 2018 implizieren würde [Newzoo15].

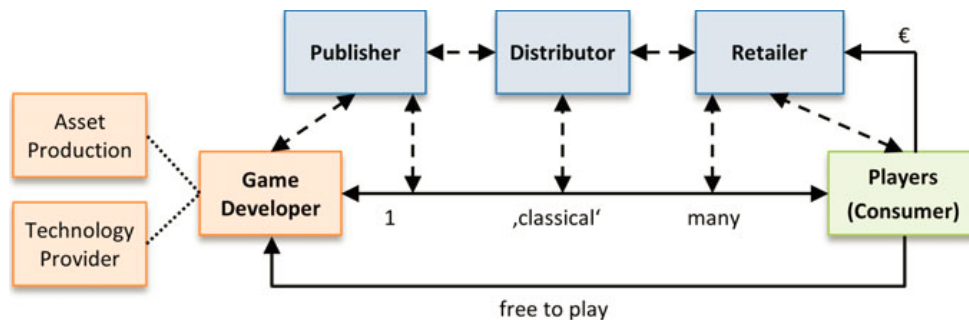


Abb. 3: Geschäfts-/Distributionsmodelle von Unterhaltungsspielen. Quelle: [DGEW16], Chapter 11.

Im Gegensatz zu Unterhaltungsspielen liegen den Serious Games typischerweise keine B2C- (Spiele werden direkt an Endkunden vertrieben), sondern B2B-Geschäfts-/Distributionsmodelle zugrunde, d.h. Serious Games werden von einzelnen Kunden (z. B. einer Firma oder einem Verband) beauftragt und dann beispielsweise zur innerbetrieblichen Ausbildung und Training oder für das Recruiting von Auszubildenden eingesetzt. Entsprechend ist es auch schwierig – abgesehen von der Vielfalt an Anwendungsbereichen – genaue Marktzahlen für den Serious Games Markt zu erhalten. Auf jeden Fall ist festzustellen, dass Serious Games innerhalb der Games-Industrie immer mehr als ernstzunehmender Wirtschaftszweig an Bedeutung gewinnen: Aktuell sind circa 10% der im GAME-Bundesverband vereinten Spieleentwickler in Deutschland spezialisiert auf Serious Games, andere nutzen ihre originär für Unterhaltungsspiele entwickelten Technologien, wie beispielsweise die Cry Engine von Crytek oder die Fledge Engine von Deck13, auch zur Produktion von Serious Games – sozusagen als „Zusatzgeschäft“.

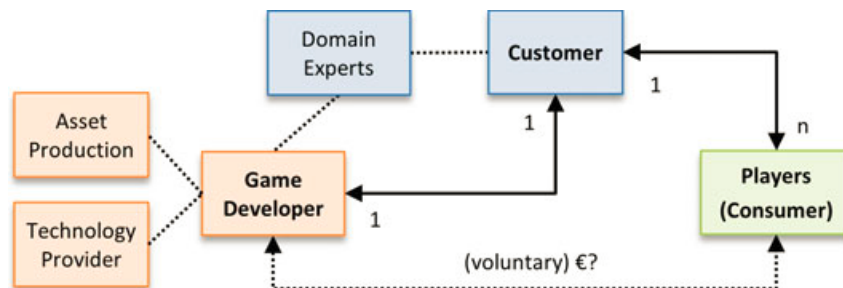


Abb. 4: Geschäfts-/Distributionsmodelle von Serious Games. Quelle: [DGEW16], Chapter 11.

Serious Games im Bildungssektor – Lernspiele, Training und Simulation: Der klassische e-Learning Markt in Deutschland ist von der Konjunktur abhängig, aber als Rationalisierungswerkzeug auch in Krisenzeiten ein Instrument, um Kosten zu sparen. Aus diesem Grund ist e-Learning als Werkzeug betrieblicher Fort- und Weiterbildung etabliert und zeigt im Schnitt ein positives Wachstum. Aktuelle Wachstumszahlen liegen bei 8-12 Prozent [BMEL]. Der Wettbewerb ist von einigen großen Playern gekennzeichnet, die in der Regel als e-Learning-Komplettanbieter auftreten. Die Erweiterung bzw. Transformation von e-Learning zu Game-based Learning – als Teilgebiet von Serious Games – umfasst

die Marktsegmente Lernspiele für Kinder, (spielerische) Schul-Software (z.B. Game Mods von Civilization [SB04], The Elder Scrolls: Oblivion [Martin11] und Roma Nova [Liaro16] für den Geschichtsunterricht, Crazy Machines, Ludwig [WPW+12] und Physikus HD [CH16] für Mathematik und Physik oder gamemaker [HO06] zum Erlernen Objektorientierter Programmierung in der Informatik) hin zu 3D virtuellen Klassenzimmern, Lernspiele und Lernplattformen wie scoyo [scoyo] im Nachmittagsmarkt, spielerische Ausbildungs- und Recruiting-Tools (z.B. America's Army [GK02] oder Techforce [Unger13]) oder Trainings- und Simulationsumgebungen – primär für das berufliche Umfeld, aber auch für Hobby-Seenotretter, Eisenbahn-Enthusiasten oder Liebhaber des Landwirtschaftssimulators (als erfolgreichstes deutsches PC Spiel 2013). Derartige Simulationen werden direkt an die Spieler vertrieben; andere Simulations- und Trainingsumgebungen werden in der Regel für einzelne Kunden „customized“ entwickelt (auch in Verbindung/zur Unterstützung des onboarding von neuen Mitarbeitern) und sind im freien Handel nicht verfügbar. Geschäftsmodelle für Lernplattformen wie scoyo liegen Abo-Modelle vergleichbar zu Fitness-Studios vor, bei denen eine monatliche Gebühr gezahlt wird, um für einen bestimmten Umfang an Lerneinheiten freigeschaltet zu werden.

Serious Games im Gesundheits- und Health-IT Markt: Im Bereich Sport und Gesundheit werden Serious Games zur Prävention (z.B. Play Forward zur HIV-Prävention [HF16]), Rehabilitation und Therapie (z.B. Respir Games für die Asthma-Therapie [Bing16], Packy & Marlon für die Diabetes-Medikation [BLG+97] oder Sparx für die Therapie von Depressionen [FDF+12]) und auch allgemein zur Motivation eingesetzt. Bekannte und zugleich erfolgreiche kommerzielle Produkte in diesem Bereich stellen *Wii Sports* und *Wii Fit*, *Dance Dance Revolution* oder *EyeToy Kinetic* sowie *Mein VitalCoach* dar. Wissenschaftliche Studien – siehe auch Abschnitt 2.3 „Evaluation“ und Kapitel 5 „Serious Games für Bildung und Gesundheit“ – zeigen einerseits positive Effekte von spielerischen Ansätzen (→Ankämpfen gegen Krebs in *Re-Mission*; regelmäßiges Messen des Zuckerspiegels mit dem *Glucoboy*; gesunde Ernährung). Andererseits zeigen die Studien auch Grenzen auf: Abgesehen von technischen Einschränkungen (z.B. Messgenauigkeit von Sensoren; Schwierigkeiten bei der genauen Bewegungserkennung) sind insbesondere weiterführende Konzepte für die Personalisierung und langfristige, nachhaltige Motivationsförderung erforderlich.

Der weltweite Umsatz im Bereich des digitalen Gesundheitsmarktes betrug im Jahr 2013 60,8 Mrd. US Dollar. Die deutsche Medizintechnikindustrie verzeichnet im Jahre 2014 einen Gesamtumsatz von 25,4 Mrd. Euro [BVMED]. Im Jahre 2014 wurden insgesamt 328 Mrd. Euro für Gesundheit ausgegeben, d.h. 4,2% mehr als im Vorjahr [STAT16]. Einen Großteil (immer größeren Anteil) des Gesundheitsmarktes nehmen dabei mHealth-Lösungen mit den beiden Segmenten mHealth-Geräte und Peripherie/Sensorik sowie mHealth-Apps und Services ein [WHO14]. Eine Marktstudie von bcc Research [MHTG] beziffert den globalen mHealth Markt auf \$21,5 Milliarden bis 2018 mit einer jährlichen Wachstumsrate von 54,9%. 2014 gab es laut einer Studie von Research2Guidance ca. 100.000 mHealth Apps (Gesundheits- und Fitness Apps für private Nutzer), primär für die beiden großen Plattformen iOS und Android [R2G14]. Der Markt an Sensoren und Wearables wurde von ReportLinker 2014 auf \$9B geschätzt mit einer enormen Wachstumsprognose auf \$218 Milliarden bis 2019 [RL14].

Wirtschaftlich ist dabei vor allem der mHealth-Sektor sehr vielversprechend: Hier können Serious Games (Analytics) Konzepte (u.a. zur Sensor-gestützten Datenerfassung) für das Remote Patient Monitoring (RPM) eingesetzt werden und Ärzte/Therapeuten oder auch die Patienten selbst bei der Überwachung des Vitalstatus und bei der Medikation unterstützen. Große Player wie Google und Apple oder auch immer mehr kleinere Firmen wie Validic oder Sportgeräte(system)-Anbieter wie SIGMA Sport entwickeln ihre eigenen API-Gesundheitsplattformen [GHPs]. Das Verwertungspotential in diesem Bereich erhöht sich auch durch die Tatsache, dass immer mehr auch ältere Menschen 65+ Smartphones nutzen. Deloitte bezifferte den Anteil 2013 auf 34%. PWC schätzt, dass in Europa bis 2017 185 Mio. Patienten von mHealth profitieren können [PWC13]. Auch die Akzeptanz von mHealth-Apps wächst kontinuierlich (speziell bei chronisch erkrankten Patienten) [MHN13].

Im Zuge des quantified self und auch im Kontext von „ärztlich verordneten“ mHealth-Anwendungen könnten pervasive (gaming) Technologien und location based games (z.B. Ingress oder Geo-Caching

Prinzipien) eingesetzt und in den Alltag integriert werden. Hierbei sollen Triggering-Konzepte einzelne Nutzer oder auch Gruppen zur sportlichen Betätigung auffordern und zur langfristigen Nutzung derartiger mHealth-Apps motivieren [Fogg09, Dutz16]. Auch können Serious Games spielerisch dabei helfen, die Therapie-Adhärenz zu fördern (vgl. Re-Mission; [KCBP08]) und beispielsweise Nutzer/Patienten motivieren, regelmäßig den Blutzuckerspiegel zu messen (vgl. das Spiel Gluco Boy [Gluco]) oder mit mobilen Geräten wie Smartphones die Herzrate(nvariabilität) zu überprüfen und Variablen wie Stress oder Herzanfallrisiko einzuschätzen (vgl. Garcia et al., [GDG16]).

Ethisch-rechtliche Aspekte kommen vor allem im Kontext von Bildung und Gesundheit zum Tragen und adressieren die Erfassung, Speicherung und Analyse von personenbezogenen Daten (Wissensstand und Kompetenzentwicklung; Vitalstatus). Einerseits sind diese Daten erforderlich für die individuelle Lernförderung oder das ärztliche Monitoring von einzelnen Patienten – bilden die Grundlage für die Entwicklung von personalisierten, adaptiven Serious Games, – andererseits werden/müssen hierbei persönliche Daten preisgegeben werden, und dies führt zu einem Eingriff in die Privatsphäre. Entsprechend entsteht bei den Nutzern oftmals zumindest eine „Skepsis“ – manche lehnen derartige Anwendungen und Mechanismen komplett ab.

Zur Durchführung von Studien im Bildungs- und Gesundheitsbereich müssen entsprechend ethische Grundsätze beachtet und eingehalten werden, wie die American Psychological Association oder die British Psychological Society [BPS] betonen. Im Bildungsbereich gibt Oblinger [Obling12] einen Überblick über Potentiale und Gefahren bei der Nutzung von personenbezogenen Daten im Schul- und Ausbildungsbereich. Slade & Prinsloo gehen speziell auf die Gefahren bei der Nutzung/Datenhaltung von personenbezogenen Daten „in der Cloud“ ein und identifizieren Prinzipien für ein ethisches Framework für learning analytics [SP13]. Manzeschke et al. [MWR+15] bieten eine umfassende Studie bezüglich ethisch-rechtlicher Fragestellungen im Gesundheitsbereich, insbesondere im Kontext von altersgerechten Assistenzsystemen (AAL). Beispiele für Fragestellungen hierbei sind „Wer darf/sollte wissen, ob eine bestimmte Person dement ist?“ oder „Welche Informationen zum Gesundheitszustand sind notwendig bei der Registrierung für kognitive Trainingsprogramme?“

Im Hinblick auf die Finanzierung von Gesundheitsspielen gibt es in Deutschland seit einigen Jahren die grundlegende Diskussion, ob derartige Spiele generell als „Medizin“ oder „Therapieinstrument“ akzeptiert werden und etwaige Kosten von der Krankenkasse übernommen werden. Auch immer wieder diskutiert wird, ob Gesundheitsspiele (z.B. mobile Fitness-Apps oder Exergames – inkl. des Einsatzes von Controllern und Geräten wie bspw. einem Ergometer) unter das Medizinproduktegesetz fallen. Zum Vergleich: In den Niederlanden sind derartige Gesundheitsspiele bereits vollständig akzeptiert und werden im Programm von Krankenkassen angeboten bzw. die Kosten übernommen.

Weitere Ausführungen zu wirtschaftlichen und ethisch-rechtlichen Fragestellungen im Kontext von Serious Games (u.a. Gender Aspekte) beschreiben Göbel et al. [GHKE16] im Lehrbuch für Serious Games [DGEW16], Chapter 11, p. 303-318.

Weitere aktuelle Trends im Bereich Serious Games enthält das von Dörner, Göbel et al. verfasste Buch „Entertainment Computing and Serious Games“ [DGK+16], in dem Beiträge des gleichnamigen internationalen GI-Dagstuhl Seminars aus 2015 präsentiert werden.

Die allgemeinen Angaben zum Status Quo von Serious Games und insbesondere zum Verständnis des Themas gehen auf einen Vortrag von Göbel zur Begriffsbestimmung von Serious Games (2010) und ein von Göbel moderiertes Panel zum Status Quo von Serious Games (2011) im Rahmen der Serious Games Conference 2010/11 zurück [SGC10-11].

1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Serious Games vereinen wie bereits erwähnt, die Charakteristik von Unterhaltungsspielen mit einem „characterizing goal“ und Spezifika dedizierter Serious Games Anwendungsbereiche. Das Potential von

Serious Games ist groß, dennoch ist die Qualität oftmals nicht optimal und die Nutzerakzeptanz entsprechend gering. Auch gibt es oftmals eine falsche Erwartungshaltung gegenüber Serious Games im Hinblick auf das Kosten-Nutzenverhältnis und auf notwendige Entwicklungsbudgets für Serious Games. Daher sind innovative Methoden, Konzepte und Technologien erforderlich, die signifikant zur Qualitätssteigerung und der erfolgreichen Verbreitung von Serious Games beitragen. Im Rahmen dieser Arbeit werden hierfür mit der Autorenumgebung StoryTec und dem Modell für narrative Objekte eigene Forschungsbeiträge zur Erstellung, Steuerung und Evaluation von personalisierten, adaptiven Serious Games vorgestellt.

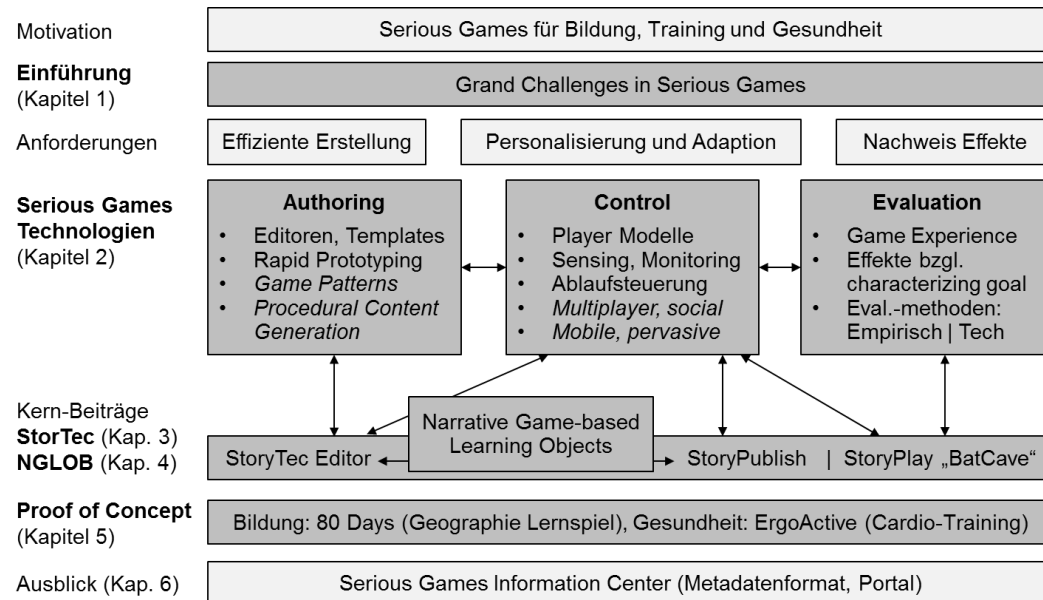


Abb. 5: Aufbau der Arbeit und wesentliche Beiträge.

Basierend auf der in Abschnitt 1.2 geschilderten Ausgangssituation werden in Kapitel 2 Serious Games Technologien als Lösungsansätze zur Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games beschrieben und die eigene Arbeit in dieses komplexe Forschungsfeld eingeordnet. Kapitel 3 und 4 beschreiben die Autorenumgebung „StoryTec“ und das Modell der „Narrative Game-based Learning Objects“ (NGLOB). StoryTec fungiert als Rapid Prototyping Umgebung, bestehend aus dem Authoring Tool „StoryTec Editor“ und den beiden Abspielkomponenten (Player) „StoryPublish“ und „StoryPlay“, die speziell Autoren ohne Programmierkenntnisse bei der Entwicklung von Serious Games unterstützen. NGLOBs dienen als konzeptionelle Grundlage von personalisierten Story-basierten Lernspielen; sie vereinen narrative dramaturgische Aspekte mit benutzerindividuellen Spieler- und Lernermodellen. Das NGLOB-Konzept wurde prototypisch realisiert und vollständig in StoryTec integriert. In Kapitel 5 „Serious Games für Bildung und Gesundheit“ werden die erarbeiteten Methoden und Konzepte anhand des Geographie-Lernspiels „80Days“ und dem personalisierten Bewegungsspiel „ErgoActive“ validiert. Abschließend werden die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick für weiterführende Forschungsarbeiten skizziert – u.a. im Hinblick auf die Konzeption eines Metadaten-gestützten Informationssystems für Serious Games, das eine (standardisierte) Beschreibung und (individuelle) Suche nach (geeigneten) Serious Games ermöglicht. Hierfür wurde in Form eines Metdatenformates für Serious Games [GM17] die Grundlage geschaffen.

Wesentliche Beiträge dieser kumulativ verfassten Habilitationsschrift stellen das von vom Autor initiierte und maßgeblich verfasste Serious Games Lehrbuch „Serious Games - Foundations, Concepts and Practice“ [DGEW16] als auch die acht im Anhang dieser Schrift integrierten Publikationen dar.

Die in Abbildung 5 kursiv dargestellten Serious Games Forschungsaspekte werden in den wissenschaftlichen Beiträgen der Kollegen der Serious Games Forschungsgruppe adressiert, sind jedoch nicht Kernbeiträge der eigenen Forschung und werden daher im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter im Detail ausgeführt.

2 Serious Games Technologien

Die Arbeiten von Göbel adressieren im Kern die drei eng ineinander verzahnten wissenschaftlich-technischen Schwerpunkte „Authoring“, „Control“ und „Evaluation“ von personalisierten, adaptiven Serious Games: Neben dem Gamedesign (Spielewelt, Inhalte, Story, gameplay) und der charakteristischen Zielsetzung (intendierte „serious“ Effekte) bilden Spielermodelle und Domänenspezifisches Wissen und Algorithmen zur Steuerung und Analyse die Grundlage eines personalisierten, adaptiven Serious Games. Das Spiel wird prototypisch realisiert und getestet. Beim Testen wird das Spielerverhalten und der Spiel(er)fortschritt erfasst und analysiert. Sofern eine ad-hoc Analyse möglich ist, erfolgt eine Adaption des Spiels in Echtzeit; alternativ werden während eines Spiels „nur“ Daten gesammelt, und die Analyse und Interpretation – beispielsweise durch Ärzte oder Therapeuten im Kontext von Gesundheitsspielen – erfolgen „offline“ im Nachgang. Die Erkenntnisse über das Spiel(er)verhalten und die erzielten Effekte (Spielspaß/Affekte vs. „Leistungsdaten“ wie beispielsweise Lerneffekte oder Vitaldaten) werden in den iterativen Entwicklungsprozess rückgekoppelt und dann im nächsten Iterationszyklus berücksichtigt.

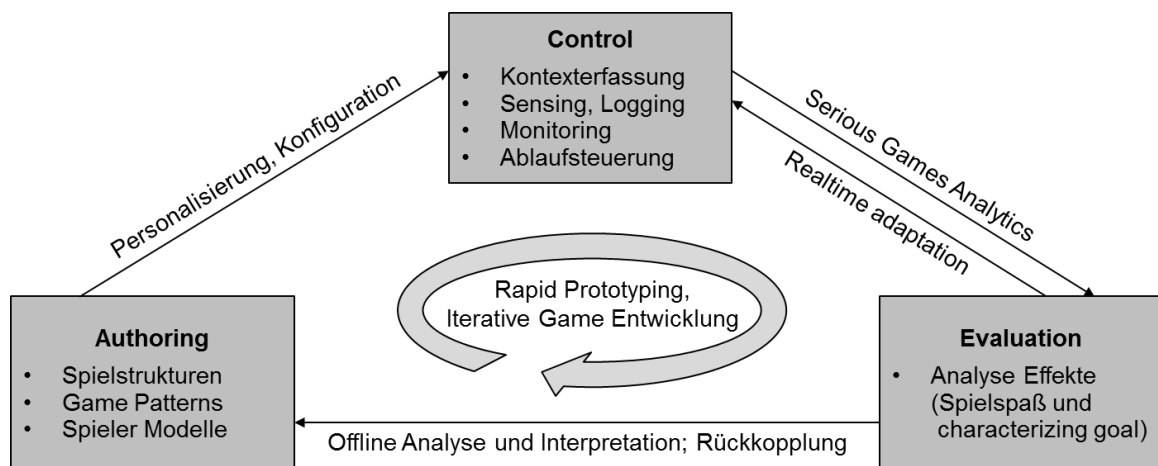


Abb. 6: Serious Games Technologien – Verzahnung von Authoring, Control und Evaluation.

2.1 Authoring – Technologien zur Erstellung von Serious Games

Die Entwicklung von Unterhaltungsspielen und Serious Games gleichermaßen ist ein kostenintensiver Prozess und bedarf der Expertise von (Game) Designern (→ gameplay, Story), Content Produzenten (→ Graphik, Sound), Programmierern (→ Umsetzung des Game Design, Integration Content), Testern etc. Serious Games sind dabei durch die charakteristische Zielsetzung des Spiels – abgesehen von der Unterhaltung – um eine Dimension komplexer als reine Unterhaltungsspiele. Dies wirkt sich in allen drei Phasen bei der Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games aus. In allen drei Bereichen bedarf es der Expertise von Fachexperten aus den jeweiligen Serious Games Anwendungsbereichen, die in den kollaborativen, interdisziplinären Entwicklungsprozess eingebunden werden müssen [Mehm10].

Existierende Game Authoring Tools (z.B. articy:draft und gamebook [ATools]) sowie in Game Engines (z.B. Unity 3D, Cry Engine oder Unreal [GEngines]) eingebettete Editoren fokussieren zumeist rein auf die Spieleentwicklung und die Zielgruppe (programmiererfahrener) Spieleentwickler. Andere Autorenwerkzeuge in bestimmten Anwendungsbereichen wie beispielsweise im E-Learning erlauben es durchaus auch „Nichtprogrammierern“, E-Learning Inhalte, Module und Kurse zu erstellen, jedoch beschränken sich derartige Lernmodule zumeist auf einfache Interaktionsmechanismen, und die

spielerischen Elemente/das gameplay sind stark eingeschränkt. Basierend darauf bedarf es integrierter Lösungen, die fachbezogene Inhalte mit dem Spiel (Game Design/gameplay) verschmelzen und den oftmals vorhandenen Medienbruch zwischen Spiel- und Lerninhalten (fachspezifische Inhalte für den „serious part“ in Serious Games) verhindern. Auch müssen für die oftmals „programmierunerfahrenen“ Fach-/Domäne Experten (z.B. Lehrer, Ausbilder oder Ärzte und Therapeuten) „nutzerfreundliche“ Zugänge für Autorenumgebungen (beispielsweise durch Editoren, Templates und Wizards/Tutorials) geschaffen werden. Erste Ansätze hierfür bieten im wissenschaftlichen Umfeld entstandene Tools wie e-Adventure [TDM+10] oder StoryTec [GSK08, MWGS10]. Cavazza et al. [CCL09] bieten eine Übersicht über Authoring Tools zur Erstellung von Story-basierten Games/Serious Games.

Des Weiteren unterstützen existierende Autorenwerkzeuge zumeist nur Single Player Anwendungen. Speziell bei Multiplayer Serious Games, beispielsweise in der Form einer kollaborativen Lern- und Trainingsumgebung, ist darauf zu achten, dass die heterogenen Voraussetzungen von einzelnen Personen in der Gruppe berücksichtigt werden und durch ein darauf abgestimmtes Game Design alle Gruppenmitglieder möglichst fair behandelt und gleich stark gefordert werden (game balancing in Multiplayer-Umgebungen), siehe Zagal et al. [ZRH06] und Reuter [Reuter16]. Tyksen [THBK05] und Wendel [WKG+15] adressieren in ihrer Forschung die automatisierte Steuerung und Unterstützung von Ausbildern/Lehrern zur Steuerung von kollaborativen Multiplayer (Lern-)Szenarien mittels Game Master-Prinzipien [WBH+15]. Konert [Diss] fokussiert in seiner Forschung auf die Zusammenstellung von geeigneten Lerngruppen mittels Matching-Algorithmen [groupAL, Diss JK].

Für die iterative Entwicklung der Spiele müssen im Sinne des Rapid Prototyping integrierte Konzepte vorgehalten werden, die ein einfaches Erproben/Testen der Spiele im Hinblick auf die Funktionalität, Korrektheit von gameplay und Story, etc. erlauben. Hierzu hat Göbel zusammen mit Mehm [Mehm13] und weiteren Kollegen des Serious Games Team an der TU Darmstadt die Autorenumgebung StoryTec konzipiert und prototypisch realisiert, s. Kapitel 3. Mehm hat sich dabei auf die Unterstützung von Autoren ohne (dedizierte) Programmierkenntnisse fokussiert und eine Reihe von Editoren und Interaktionsmechanismen erstellt, s. Abbildung 11. Die Grundidee/der Anspruch dabei ist – ähnlich etwa zur Erstellung von Präsentationen mit Powerpoint, – Funktionalität (und gameplay) zu kapseln bzw. zu abstrahieren und vordefinierte „Interaction Templates“ vorzuhalten, die seitens der Anwender/Autoren „nur noch“ mit Inhalten befüllt werden müssen. Basierend auf dieser Basisversion hat Reuter StoryTec zur Entwicklung von Multiplayer Games erweitert und unter Nutzung von Petri-Netzen Mechanismen zur Erkennung von deadlocks und der Validierung von Serious Games im Allgemeinen erarbeitet [Reuter16].

Im Hinblick auf die kosteneffiziente Erstellung und Produktion von Serious Games sind Ansätze der automatisierten, algorithmischen Erstellung von Inhalten (Procedural Content Generation) zu betrachten. Auch hier gilt es existierende Ansätze zur Erstellung von Charakteren, Gebäuden, Städten, Landschaften, Flora und Fauna oder (komplette, komplexe) Spiel- und Storymodelle um spezifische Serious Games Inhalte zu erweitern – möglichst zugeschnitten auf die Charakteristik/den Bedarf von individuellen Nutzern (Spieler, Lerner, Trainierende, Patienten) oder Nutzergruppen. Hardy hat hierfür im Bereich personalisierter Exergames Mechanismen zur automatisierten Erstellung und Adaption von Levels in den Spielen „ErgoActive“ (Ausdauer, Cardio-Training) und „BalanceFit“ (Balance, Kraft, Koordination) erarbeitet [HDW+14, GMW+14], die beispielsweise das gezielte Training für bestimmte Belastungen mittels entsprechender Anordnung von Spielelementen in einem Parcours und entsprechend notwendiger Bewegungen/Belastungen zur Steuerung des Spiels erlauben. Mehm hat für das Authoring von Story-basierten Serious Games wie beispielsweise Lernadventures ein Konzept zur Abstraktion von Inhalten und gameplay erstellt, das es Anwendern (Autoren) erlaubt – ähnlich etwa zur Erstellung von Präsentationen mit Powerpoint – auf vordefinierte Interaktionstemplates ohne Programmieraufwand zurückzugreifen und die existierenden Templates „nur noch“ mit Inhalten zu befüllen [MGS13]. Auch stellt Mehm erste Konzepte zur automatisierten, prozeduralen Content Generierung in Autorenumgebungen wie StoryTec vor [MHK+14].

2.2 Control – Personalisierte, adaptive Steuerung von Serious Games

"You can learn more about a man in an hour of play than in a year of conversation."
(Plato)

Eng verbunden mit der Erstellung von personalisierten, adaptiven Serious Games ist die intelligente (Ablauf-)Steuerung während des Spiel(en)s: Spieler sollten nach dem von Csikszentmihalyi eingeführten flow-Prinzip [Csik75] – und seiner Erweiterung von Sweetser und Wyeth zum game flow [SW05] weder unter- noch überfordert werden; vielmehr soll sich etwa im Lernkontext die Schwierigkeit von spielerischen Lernsituationen an den Lernfortschritt der Spieler/Lerner anpassen (Hunnicke and Chapman, [HC04]; Missura and Gärtner, [MG09]). Hierbei sind Lerner- und Spielermodelle (Heller et al., [HSHA06]; Bartle, [Bartle96]; Houlette, [Houl04]) als auch adaptive Mechanismen zur automatisierten Schwierigkeitsanpassung und Steuerung zu berücksichtigen – zum Beispiel unter Nutzung von machine learning-Ansätzen, u.a. von Fürnkranz [Fürn01, FH10] oder von Göbel eingeführte Mechanismen für das Story Pacing [GMB06], – um zu entscheiden, wie ein Spiel zu einem bestimmten Moment unter Beachtung des Spielkontexts (Spielverlauf, Spielerverhalten, etc.) weitergeführt wird (welche nächste Spielsituation wird geladen). Hierfür hat Göbel im Kontext von Story-basierten Lernspielen [HGS105] das Konzept der Narrative Game-based Learning Objects entwickelt [GWRS10], s. Kapitel 4.

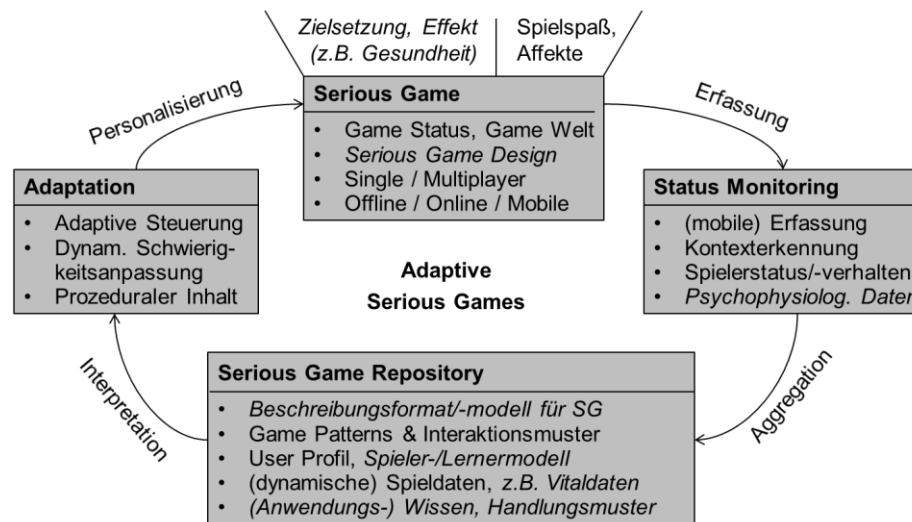


Abb. 7: Regelkreis für Adaptive Serious Games. Quelle: iX Developer 1/2015, Göbel et al. [GDWH15].

Angelehnt an den „MAPE-Zyklus“ als Regelkreis zur Steuerung von adaptiven Systemen [KC03] hat Göbel den in Abbildung 7 skizzierten Regelkreis zur Steuerung von adaptiven, personalisierten Serious Games definiert. Die Grundannahme ist dabei immer, dass sowohl der Spielspaß als auch Effekte für das im characterizing goal formulierte Ziel (vgl. Definition von Serious Games in Abschnitt 1.1) maximiert werden sollen. Hierfür ist während des Spielens die Erfassung des Spiel(er)verhaltens notwendig (Logging von gameplay, Kontexterkenkung und anwendungsorientierte Erfassung von „Leistungsdaten“, z.B. Vitalstatus oder Wissen). Die erfassten Informationen werden aggregiert (ggf. inklusive Sensor Fusion, wenn beispielsweise mittels psychophysiologischer Messverfahren gleichzeitig mehrere Vitaldaten erfasst werden), analysiert und interpretiert, so dass eine personalisierte, adaptive Fortführung des Spiels stattfinden kann. Die Analyse (als auch Interpretation und Personalisierung) erfolgt entweder automatisiert, in Echtzeit – hierfür sind Modelle, Muster, Algorithmen und allgemein Handlungsmuster erforderlich, mit denen die (Vital-)Daten/Informationen verglichen/analysiert und interpretiert werden können – oder „offline“ durch Experten, welche die gesammelten Daten mit geeigneten Tools analysieren und Rückschlüsse ziehen, wie eine individuelle Anpassung von spielerischen Trainingsprogrammen (→ dynamic difficulty adaptation, automatisierte Level-Generierung), beispielsweise im Kontext von mHealth Anwendungen in der Therapie, erfolgen soll.

2.3 Evaluation – Bestimmung der Effekte von Serious Games

Zum persönlichen Benefit der Spieler als auch als wirtschaftliches, qualitatives Argument bei der Entscheidung, ob ein Serious Game beispielsweise in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung eingesetzt wird, müssen die Effekte eines Serious Games bestimmt werden. Dies betrifft sowohl den Spielspaß (→ Akzeptanz der Nutzer) als auch den Grad der Erfüllung eines „characterizing goal“ (z. B. ein Lerneffekt → Akzeptanz der Intermediaries, Entscheidungsträger auf Kundenseite).

Wissenschaftlich fundierte Evaluationsstudien zeigen das Potential und Einschränkungen/Grenzen von Serious Games in verschiedenen Anwendungsbereichen, z.B. deuten die Studien von Backlund & Hendrix [BH13], Egenfeldt-Nielsen [SEN05], Malone & Lepper [ML87], [Prensky01], [deFreitas06] oder Connolly et al. [CBA+12] den Benefit von Serious Games für spielerisches Lernen, Lerneffektivität und Lernmotivation im Bildungsbereich an. Im Gesundheitsbereich analysieren Baranowski et al. [BBTB08], Kato et al. [KCBP08], Lund & Jessen [LJ14], Larsen et al. [LSLL13], LeBlanc et al. [LCM+13], Maddison et al. [MMJ+07], Wiemeyer & Kliem [WK12], Staiano et al. [SMB+17] oder Osterberg & Blaschke [OB05] und [Schmoldt14] die Effekte von spielerischen Ansätzen zur Verhaltensänderung (z.B. gesunde Ernährung), zur Aktivitäts- und Bewegungsförderung und zur (Steigerung der) Adhärenz/Medikation. Ann de Smet fasst in ihrer Meta-Analyse über 50 Studien im Bereich spielerischer Gesundheitsförderung zusammen [DVC+14].

Zur Evaluation des Spielspaßes (User Experience, Game Experience) werden herkömmlich – primär im wissenschaftlichen Umfeld – Fragebögen eingesetzt. Gutjahr hat diesbezüglich basierend auf den Arbeiten von Nacke (s. unten) und dem Game Experience Questionnaire [BFC+09] einen Fragebogen konzipiert, der dediziert auf Eigenschaften von Serious Games eingeht [GGS11]. Andere herkömmliche Evaluationsmethoden sind Interviews oder Videoanalysen. IT-gestützte Evaluationsmethoden umfassen Loggings, Screen Capture, Eye-Tracking und vor allem psycho-physiologische Messungen, die beispielsweise Aufschluss über den emotionalen Zustand einer Person geben. So gelten Hirnaktivität und physiologische Änderungen neben dem subjektiven Erleben als zentrale Bestandteile von Emotionen [Schan03]. So lässt sich beispielsweise zeigen, dass sich Hautleitfähigkeit (EDA), Herzfrequenz (HR), Hirnaktivität (EEG), Gesichtsmuskelaktivität (EMG) und Pupillenweite in Abhängigkeit von dem emotionalen Gehalt eines Bildes verändern [CSB+00, BMEL08].

Erste Ansätze hierfür im Spielbereich wurden im EU-Projekt FUGA (Funology in Games) entwickelt und prototypisch evaluiert [Nacke09/10]. Dabei konnte gezeigt werden, dass der Aufbau eines Levels Einfluss auf die Psychophysiologie nehmen kann. Psychologische Messungen haben hierbei gegenüber Selbstberichterstattung (Fragebogen) den Vorteil, nicht auf der Erinnerung und Selbsteinschätzung der Person, sondern auf intersubjektiv beobachtbaren Werten zu fußen. Nacke, Drachen und Göbel [NDG10] haben diese Ansätze aufgegriffen und zur Nutzung für die Evaluation von Serious Games konzeptionell um die Dimension des „characterizing goal“ erweitert, so dass bei der Bestimmung der Effekte sowohl der Spielspaß (User/Game Experience) als auch „Leistungsdaten“ (z.B. Vitalstatus in Exergames) Berücksichtigung finden.

Innerhalb eines strategischen, interdisziplinären Forschungsprojekts an der TU Darmstadt hat die Serious Games Gruppe um Göbel in Kooperation mit der AG Angewandte Kognitionspsychologie (Prof. Ellermeier) und Prof. Wiemeyer (Institut für Sportwissenschaft) am Beispiel von ErgoActive (s. auch Abschnitt 5.2) die Technologie-gestützte Bestimmung von Effekten in Serious Games unter Einbeziehung von psychophysiologischen Messmethoden zur Bestimmung der Auswirkung von Game-Elementen auf Effekte und Affekte erforscht. Abbildung 11 zeigt den prinzipiellen Ansatz und den Aufbau der Testumgebung: Anwender spielen das Spiel ErgoActive; das Ergometer dient gleichermaßen als Trainings- und Steuergerät bzw. als Controller zur Steuerung des Spiels. Loggings und Screen-Capture Mechanismen bis hin zu psychophysiologischen Messungen unter Einsatz von Vitalsensorik geben Aufschluss über das Spielerlebnis (User/Game Experience). Für die Analyse der Zusammenhänge einzelner Wirkungsparameter wurde von Hardy ein Modell entwickelt, welches die Basis für die

weiterführende Ausarbeitung strukturierter Konzepte zur Evaluation, Effektmessung, und auch für Personalisierung und Adaption bildet (HGG+12).

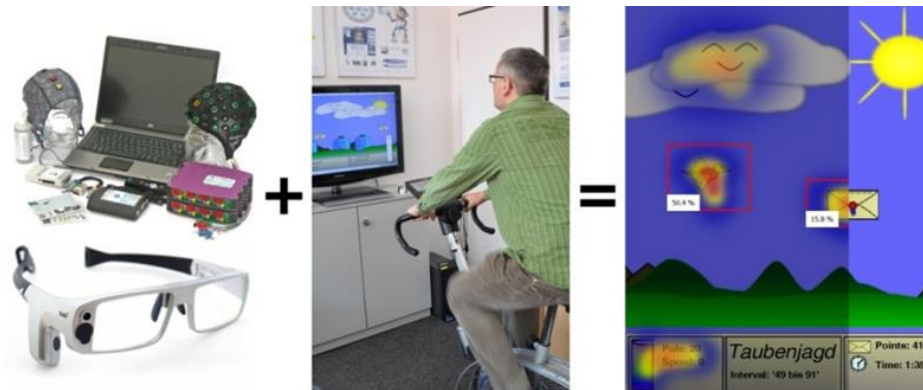


Abb. 8: Technologie-gestützte Bestimmung von Effekten in personalisierten Exergames. Quelle: [GGH13].

Grundsätzlich unterscheiden sich die Evaluationsmethoden zur Bestimmung der Effekte und Affekte von Serious Games a) im Grad der Qualität/Objektivität in der Beurteilung und b) im Aufwand bzw. den Kosten für die Evaluation. Göbel, Gujahr und Hardy [GGH13] haben hierzu eine erste Übersicht über Evaluationsmethoden erstellt und versucht, diese in einer Matrix mit den beiden genannten Achsen einzuordnen. Die grundlegende Frage bei der Auswahl einer adäquaten Evaluationsmethode ist hierbei – analog zum Qualitätswunsch und dem Kosten/Nutzen-Verhältnis bei der Entwicklung von Serious Games: „Welche Evaluationsmethoden reichen aus, um belastbare, objektive Aussagen bzgl. der Effekte von Serious Games zu erhalten?“

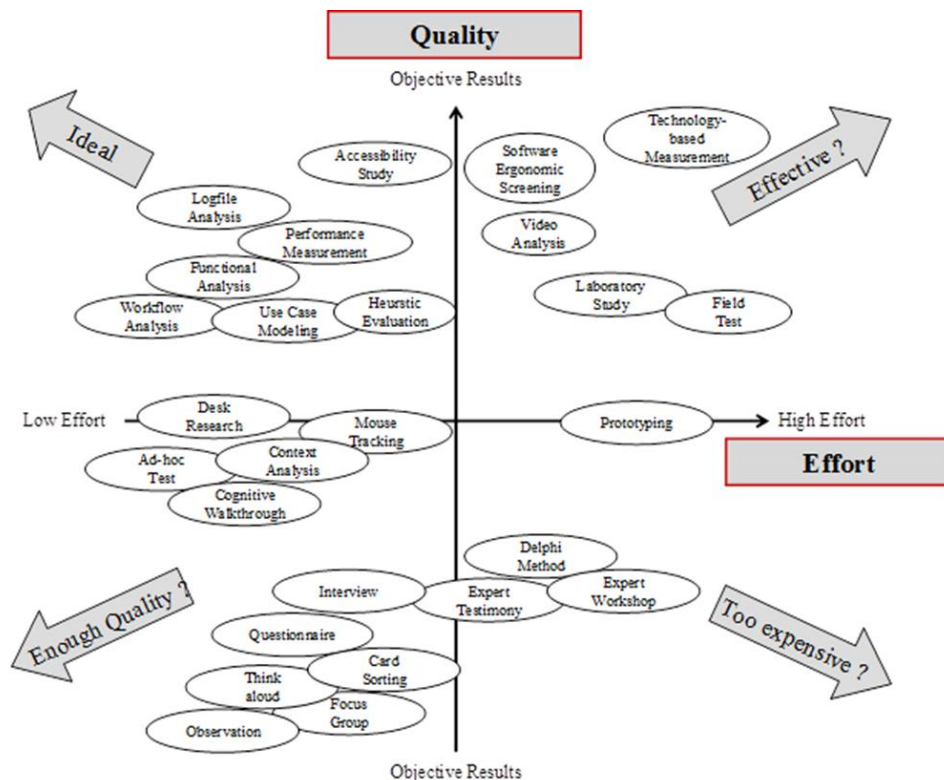


Abb. 9: Evaluationsmethoden zur Bestimmung von Effekten in Serious Games [GGH13].

Göbel hat in dem bereits mehrfach erwähnten, 2016 erschienenen Serious Games Lehrbuch eine Anzahl von Best-Practice Beispielen für Serious Games (u. a. für die Bereiche Lernen, Training und Simulation, und Gesundheit) inclusive – soweit verfügbar – Qualitätsangaben zu den erzielten Effekten analysiert [Göbel16].

3 StoryTec Autorenumgebung

Seit 2003 erforscht Göbel im Rahmen von diversen F&E Projekten am ZGDV Darmstadt und der TU Darmstadt Authoring-Konzepte. So sind die Ursprünge von StoryTec auf erste Erkenntnisse in den Projekten „GEIST – Ortsbasiert Geschichten erfahren mit VR/AR“ [HaaS04, GSHK04], „IZA – Info zum Anfassen“, „Virtual Human“ [Gaa+07], „art-E-fact“ [HGSIO5], „INSCAPE“ [GAF05, GaaA05] und „U-CREATE“ [GKS+07] zurückzuführen. Der Fokus lag dabei zunächst eindeutig auf Interaktionsprinzipien und Story-basierten Szenarien, u.a. zur erzählerischen, interaktiven Präsentation von Forschungsthemen und Projekten im ZGDV (IZA), zur Exploration von Kunst (Gemälden) mittels Tracking-Technologie und in Dialogform präsentierten Hintergrundinformationen rund um die Kunstobjekte mittels virtueller und physischer Charaktere (art-E-fact), zur Erstellung von spielerischen Trainingsszenarien in INSCAPE und zur Entwicklung von mobilen Museumsanwendungen (u.a. DinoHunter [SOG+04, FGZ04], Mobile Museums Navigator [GF05]) in U-CREATE.

Im Laufe der Jahre hat Göbel dabei festgestellt, dass die Erstellung von Story-basierten Szenarien einerseits sehr aufwändig ist – speziell im Hinblick auf die Entwicklung von „realistischen“ virtuellen Charakteren inklusive „photorealistic“ Aussehen und „natürlichem“ Verhalten. Andererseits besteht prinzipiell ein „Dilemma“ zwischen den narrativen Storytelling-Ansätzen und spielerischen Ansätzen (mit Fokus auf der Interaktion). Dieses sogenannte „Narrative Paradox“ haben u.a. Ruth Aylett und Sandy Louchart erforscht [LA03]; Göbel bietet hierzu einen Kompromiss in Form eines „guided character-based“ Ansatzes, in dem übergeordnete Story-Strukturen (Storymodelle) mit interaktiven, „emergent narrative“ Szenarien in einzelnen Story-/Spielsequenzen kombiniert werden [HGSIO5].

Mit dem Wechsel vom ZGDV Darmstadt an die TU Darmstadt hat Göbel die Chance wahrgenommen, eine Verlagerung und Fokussierung des Themengebietes von Storytelling-basierten Edutainment-Anwendungen (mit spielerischen Aspekten) hin zu Serious Games (mit narrativen Elementen) vorzunehmen. StoryTec wurde so im Kontext des EU Projektes 80Days, dem LOEWE Modellprojekt „StoryTec“ und zahlreichen weiteren F&E Projekten im Dialog mit Kooperationspartnern aus der Forschung, der Spieleentwicklung und Fach- und Domäne-Experten in den Serious Games Anwendungsbereichen Bildung und Gesundheit konsequent weiterentwickelt.

3.1 StoryTec Framework

Das grundlegende Ziel von StoryTec ist, Anwender ohne IT-/Programmierkenntnisse in die Lage zu versetzen, Serious Games und interaktive Anwendungen im Allgemeinen zu erstellen. Dies gilt gleichermaßen für Personen, die beispielsweise ihre persönlichen Erlebnisse in Form einer interaktiven, spielerischen Urlaubsstory mit Familie und Freunden teilen möchten, als auch für Fachleute (z.B. Lehrer, Ausbilder, Trainer; Kultur- und Tourismus-Beauftragte oder Ärzte und Therapeuten), die spielerische Anwendungen als Motivationsinstrument für Bildung und Gesundheit oder als Marketinginstrument einsetzen möchten. Dabei sollen die Fachleute die Möglichkeit haben, die Nutzung der mit StoryTec erstellten spielerischen Anwendungen – d.h. das Spielverhalten, Lernfortschritt, Vitalparameter o.ä. – zu analysieren und im Sinne des Rapid Prototyping eine Anwendung entsprechend iterativ zu überarbeiten/weiterzuentwickeln. Zudem ist aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten und zur möglichst großen Verbreitung von StoryTec im Allgemeinen darauf zu achten, dass die Autorenumgebung im Sinne des Cross-Platform Publishing möglichst viele Plattformen (PC, Konsolen, Web-Standards wie HTML5 oder mobile Systeme wie Android und IOS) unterstützt.

Entsprechend wurde die Autorenumgebung StoryTec als Framework, bestehend aus dem Authoring Tool „StoryTec Editor“ und zwei Variationen von „Playern“ zum Abspielen von mit StoryTec erstellten

spielerischen, interaktiven Anwendungen und Serious Games, konzipiert: „StoryPublish“ ist als Player für Anwender und Spieler ohne analytisches Interesse gedacht – rein als Abspielkomponente. „StoryPlay“ hingegen fungiert als „wissenschaftlicher Player“, der von Entwicklern/Autoren als Rapid Prototyping Tool genutzt werden kann und Mechanismen zur Visualisierung und Analyse (→ Serious Game Analytics) anbietet, s. Abschnitt 5.1.



Abb. 10: StoryTec Framework – Authoring Tool StoryTec Editor und Cross-Plattform Publishing.

Vielsprechende Ansätze für die automatisierte Distribution der mit StoryTec erstellten Spiele bietet die Programmiersprache Haxe, die in Kombination mit dem Technologie-Framework „Kha“ von den Plattformen zugrunde liegenden HW/SW-Komponenten abstrahiert [RK15]. Kha als Open Source Projekt wurde so beispielsweise in die Autoren Umgebung StoryTec integriert, bzw. StoryTec nutzt die von Konrad erarbeiteten Konzepte zur Erstellung und Plattform-übergreifenden Publikation von Serious Games und spielerischen, interaktiven Anwendungen im Allgemeinen.

3.2 StoryTec Editor

Die grundlegende Struktureinheit für StoryTec stellen „Szenen“ dar: Szenen sind strukturelle Platzhalter für Spielsituationen oder komplette Level. Ein hierarchisches Modell erlaubt im Sinne der objektorientierten Programmierung die Gruppierung von Szenen zu komplexen Szenen. Innerhalb der Szenen werden Objekte platziert, z.B. Medienelemente, (virtuelle) Charaktere, Aktionselemente oder Templates.

Strukturelle Templates werden eingesetzt für wiederkehrende Strukturen, zum Beispiel Lerneinheiten mit einem klaren Aufbau für Erklärung/Definition, Übungs- und Kontrollabschnitte. „Interaction Templates“ werden – ähnlich etwa zur Gestaltung von Vorträgen mittels Powerpoint-Folientemplates – als Templates für Interaktionsformen und spielerische Situationen vorgehalten. Beispiele hierfür umfassen Templates zur Erstellung/Nutzung von Quiz-Elementen, Puzzle oder Wimmelbild. Hierbei sorgt die strikte Kapselung von Präsentation und Inhalt dafür, dass speziell Autoren ohne Programmierkenntnisse derartige Interaktionsformen direkt nutzen können und nur noch befüllen müssen.



Abb. 11: Authoring Tool StoryTec – GUI mit Story Editor, Stage Editor, Objects Browser und Property Editor. Quelle: StoryTec Referenzen [GSK08, GSAF08, MGRS09, MGS13], s. auch <http://www.storytec.de>.

Das StoryTec Authoring Tool besteht im Wesentlichen aus vier Editoren:

- (1) Im Story Editor können Autoren die grundlegende Spielstruktur entwerfen. Die Struktur besteht aus Szenen (Spielsituationen, Level) und Transitionen (Übergängen zwischen den Szenen). Zudem können Szenen gruppiert werden. Insgesamt entsteht somit ein hierarchisches Modell. Optional können Autoren beim Entwurf der Spielstruktur auf vorhandene bewährte Strukturen zurückgreifen, beispielsweise in Form der Heldenreise als dramaturgisches Storymodell für (Lern-)Adventures oder klassischen E-Learning-Strukturen nach dem Prinzip „Definition/Erklärung – Übung – Test/Wiederholung“, die in Web-based Trainings Verwendung finden. Alternativ können Autoren die Spielstruktur im Story Editor komplett neu, „from scratch“ definieren.
- (2) Der Stage Editor dient zur Ausgestaltung von Spielszenen/-situationen. Analog zum StoryEditor werden hierfür eine Reihe von vordefinierten „Interaction Templates“ angeboten, bestehend aus Szenen (Spielsituation, Level) und Transitionen (Übergänge zwischen Szenen), beispielsweise aus spielerischen Lernanwendungen bekannte Interaktionsformen wie „Drag & Drop“, „1 aus 4“, Zuordnungsaufgaben, „Wimmelbild“ (Fehlersuche) oder verschiedene Varianten von Puzzles. Alternativ können die Autoren einzelne Situationen/Spielszenen basierend auf „atomaren“ Elementen wie Textfelder, Bilder, Buttons, etc. orchestrieren.
- (3) Die Objektverwaltung der Spielelemente erfolgt im Objects Browser. Hierbei werden die Objekte in Klassen wie „2D Assets“ (z.B. Bilder), „Charaktere“ (2D/3D, mit/ohne graphische Repräsentation) oder „GUI Elemente“ (z.B. Fenster, Buttons, Labels, Textfelder) kategorisiert. Zudem werden kontinuierlich komplexere Formen von Interaction Templates (für Minispiele) gesammelt und den Anwendern zur Verfügung gestellt, die in mit StoryTec realisierten Spielen und Projekten entstanden sind.
- (4) Eng verknüpft mit dem Objects Browser ist der Property Editor: Hier werden die Attribute bzw. Eigenschaften und Ausprägungen von Objekten spezifiziert, zum Beispiel ein Link ins Dateisystem, wo ein Bild gespeichert ist, oder Parameter für virtuelle Charaktere (und deren Darstellung: Aussehen/Verhalten) im StoryTec Player.

Zusätzliche – in Abbildung 10 nicht sichtbare – Editoren von StoryTec umfassen den „Action Set Editor“, den „Condition Editor“ und den „Knowledge Editor“.

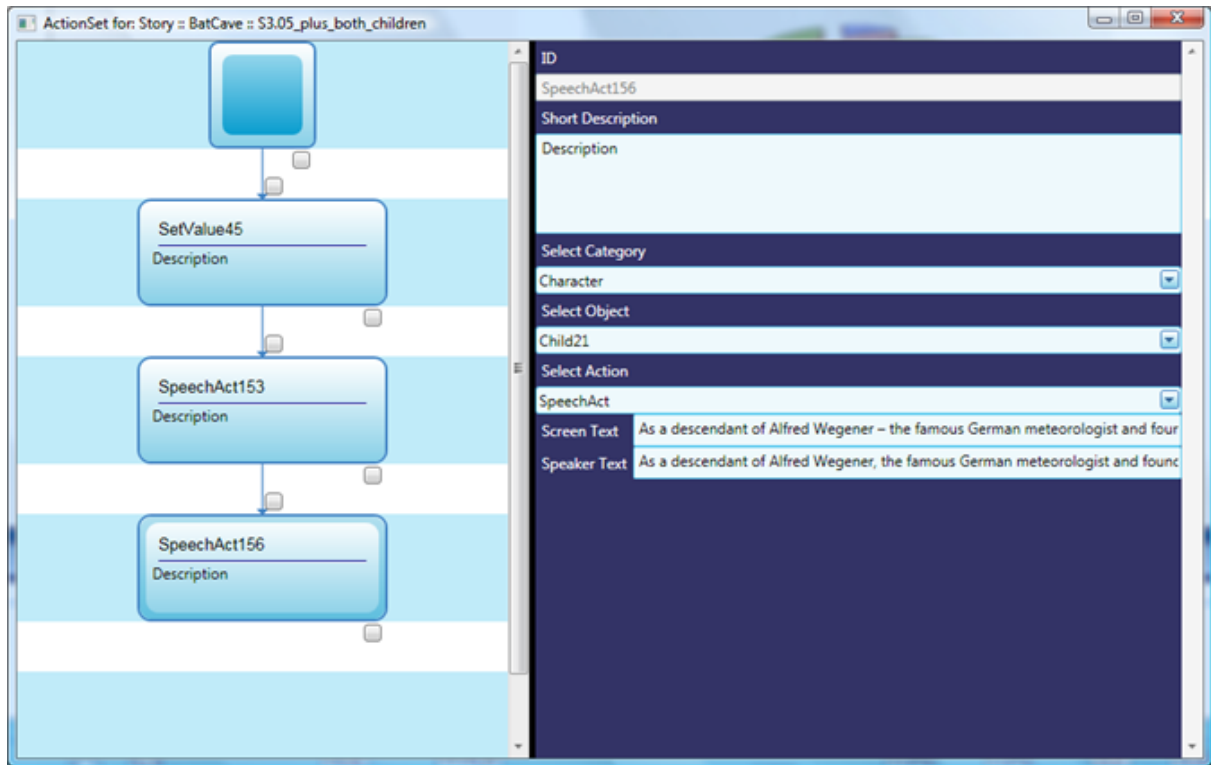


Abb. 12: StoryTec Action Set Editor.

Im Action Set Editor können Autoren diverse Kommandos und Aktionen wie Speech Acts, die Steuerung von virtuellen Charakteren oder die Parametrisierung von Interaction Templates als auch die Initiierung von Transitionen definieren.

Die Bedingungen für Transitionen werden im Condition Editor spezifiziert und beschreiben wie ein Spiel in bestimmten Situationen fortgeführt werden soll bzw. welche der im StoryEditor definierten möglichen Folgenzenen „gefeuert“/ausgewählt werden (s. hierzu auch die Abschnitte zum NGLOB Konzept in dieser Habilitationsschrift).

Der Knowledge Editor ist im Kontext des EU-Projektes 80Days entstanden (s. Abschnitt 5.1) und ermöglicht den Autoren die Attributierung von Spielszenen mit Lerninhalten sowie die Spezifikation von Wissensräumen einschließlich der Abfolge von Themen und notwendiger Kenntnisse, bevor ein neues Thema präsentiert wird. Die konzeptionelle Grundlage hierfür bildet die von Dietrich Albert und Michael Kickmeier-Rust erarbeitete „Competence-based Knowledge Space Theory“ [KA12], auf deren Basis von Kickmeier-Rust und Göbel eine Erweiterung zur Verschmelzung mit Storymodellen entwickelt wurde [KGA08].

Abbildung 13 zeigt ein Beispiel zur Nutzung des Knowledge Editors zur Erstellung des Geografie-Lernspiels in 80Days: Im Hauptfenster können Anwender/Autoren graphisch-interaktiv einen Wissensraum (Knowledge Space) definieren und dabei auch Abhängigkeiten zwischen den Themen (Kästen im Diagramm) definieren: welche Themen sollen erst bearbeitet werden, wenn bestimmte Vorkenntnisse, sogenannte „prerequisite skills“, vorhanden sind? Beispielsweise werden Themen zu Himmelsrichtungen und Längen-/Breitengraden im Diagramm weiter unten definiert, bevor das Thema Äquator im Spiel präsentiert wird.

Die semantische Grundlage der mit StoryTec erstellten interaktiven Anwendungen und Serious Games stellt die XML-basierte Beschreibungssprache ICML (INSCAPE Markup Language) dar, die im Rahmen des gleichnamigen EU-Projektes von Göbel konzipiert wurde [GSK08].

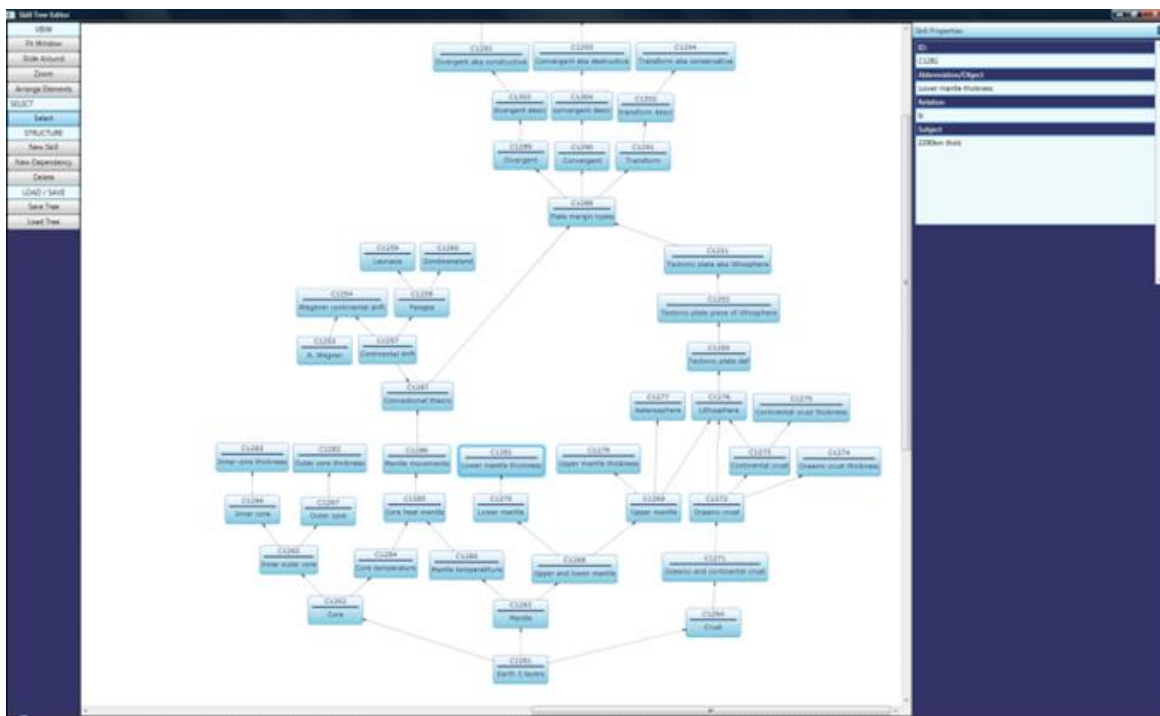


Abb. 13: StoryTec Knowledge Editor.

4 Narrative Game-based Learning Objects

Die Idee für das Konzept für Narrative Game-based Learning Objects (NGLOB) entstand im Rahmen des von der EU geförderten Projektes 80Days im Bereich Technology-enhanced Learning. Im Projekt wurde erstmals dediziert die Symbiose aus narrativem adaptive storytelling, spielerischem adaptive gaming und adaptiven Lernmechanismen erforscht, siehe auch Abschnitt 5.1.

Die Grundidee der NGLOBs ist, alle drei Dimensionen in einem integrierten Modell zusammenzufassen.

Das Konzept für NGLOB umfasst zwei Stufen: Im Authoring-Prozess werden einzelne Spielsituationen (Szenen) entlang der drei Achsen Story, Game und Lernen annotiert. Während des Spiels werden der Spielverlauf und der Kontext (Spielerverhalten inkl. Player Modell und Wissensstand) erfasst und angepasst und darauf basierend entschieden, wie ein Spiel zu einem bestimmten Zeitpunkt fortgeführt wird, d.h. welche der aus der (über den StoryEditor definierten) Menge an möglichen Folgeszenen/-situationen am besten passt. In Abbildung 14 ist exemplarisch eine formalisierte Beschreibung einer Spielsituation (Szene) dargestellt:

- In Bezug auf den narrativen Kontext ist die Szene am Besten für Stufe 4 des Storymodells der Heldenreise geeignet („appropriateness“ Faktor 0.2; für die Stufen 1 und 8 jeweils 0,1).
- Die Szene ist sehr gut für den Spielertypen „Explorer“ (nach Bartle) geeignet (Gewichtungsfaktor 0,9).
- Inhaltlich werden die Lernthemen „101“ und „102“ adressiert (sie sind mit der Szene assoziiert), wobei es notwendig ist („prerequisite“), vorher die Themen „210“ und „217“ besucht zu haben.

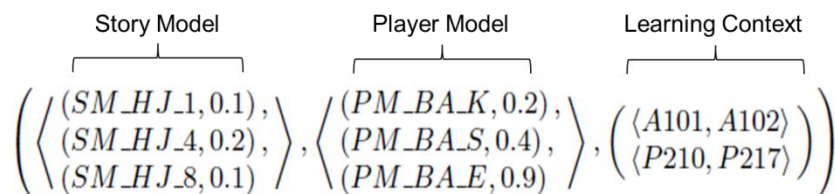


Abb. 14: Narrative Game-based Learning Objects – formalisierte Darstellung [GdMS09, GWRS10].

Der Algorithmus zur Bestimmung, wie ein Spiel mit dieser formalisierten Beschreibung zur Laufzeit fortgeführt wird, ist in Abbildung 15 dargestellt:

- Je nach Auswahl der annotierten Szenen durch den Spieler erfolgt eine Anpassung des Spielertyps (Ausprägung bezüglich Killer, Explorer, Sozializer, Achiever wird aktualisiert), siehe Schritt a) in Abb. 15.
- Analog erfolgt eine Anpassung des Wissensstandes bzw. eine Angabe, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Anwender sich ein bestimmtes Thema erfolgreich erschlossen hat (Schritt b) in Abb. 15).
- In Schritt c) wird im Beispiel eine Hilfe-Szene angeboten, die nochmals Informationen zum Thema anbietet.
- Auch hier wird in Schritt d) der Status (die Wahrscheinlichkeit des Verstehens eines Themas) entsprechend angepasst.
- Letztlich erfolgt der Schritt/Übergang zu einer weiteren Szene: Es sind in diesem Fall zwei Folgeszenen möglich, die für bestimmte Spielertypen (Explorer, Socializer) mehr oder weniger gut geeignet sind bzw. deren Auswahl eine entsprechende Anpassung des Spielertyps impliziert.

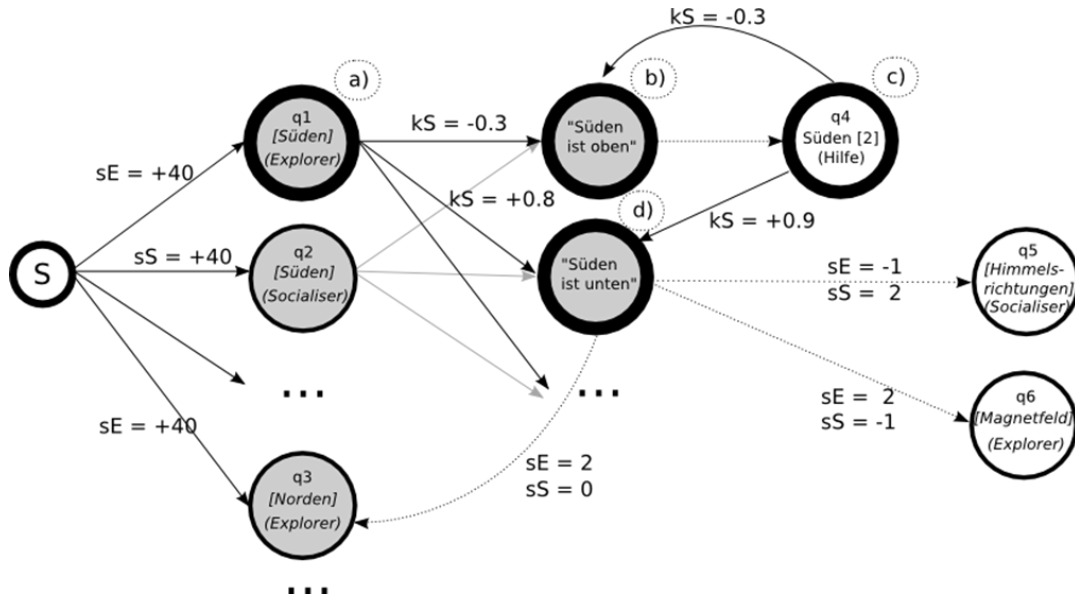


Abb. 15: Narrative Game-based Learning Objects – Algorithmus zur Ablaufsteuerung [Pruschke09].

Formalisiert lässt sich der NGLOB Algorithmus wie folgt darstellen:

- (1) Jede Szene wird annotiert in allen drei Dimensionen: Storytelling-Kontext, Game-Kontext und Lernkontext, s. Abb. 14.
- (2) Für jeden der drei Kontexte wird ein Score berechnet:

$$f_N(S_i), f_G(S_i), f_L(S_i): S \rightarrow [0,1]$$

- (3) Jedem Score (für alle drei Kontexte) wird eine Gewichtung zugewiesen:

$$w_N, w_G, w_L \in [0, 1]$$

- (4) Die gewichteten Scores werden kombiniert:

$$f(S_i) = w_N \cdot f_N(S_i) + w_G \cdot f_G(S_i) + w_L \cdot f_L(S_i)$$

- (5) Die Auswahl der optimalen/am besten geeigneten Folgeszene ergibt sich daraus:

$$f(S_{optimal}) = \min_{i=1}^n f(S_i)$$

Das NGLOB-Konzept ist ausführlich in Göbel et al. (2010) beschrieben [GWRS10]; weitere Informationen zur prototypischen Realisierung des NGLOB-Konzeptes und der exemplarischen Nutzung im digitalen Geographie-Lernspiel „Save the Earth“ enthält Abschnitt 5.1.

5 Serious Games für Bildung und Gesundheit

Die in den vorherigen Kapiteln 2-4 vorgestellten Konzepte zur Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games sollen in diesem Kapitel anhand von zwei Anwendungsszenarien im Sinne eines „proof of concept“ validiert werden. Während das Beispiel von 80Days im Bildungsbereich (digitales Lernspiel für Geographie) in Abschnitt 5.1 auf die prototypische Realisierung und Nutzung des NGLOB-Konzepts – in allen drei Phasen Authoring, Control und Evaluation – eingeht, fokussiert ErgoActive als Beispiel für ein personalisiertes Exergame in Abschnitt 5.2 auf die interdisziplinäre Entwicklung von Serious Games und Aspekte zur Personalisierung und Adaption.

5.1 80Days: Digitales Lernspiel für Geographie

„It is a paradoxical, that many educators and parents still differentiate between a time for learning and a time for play. Without seeing the vital connection between them.“
(Leo Buscaglia)

Das Zitat des Bildungstheoretikers Leo Buscaglia charakterisiert die enge Verbindung zwischen Spielen und Lernen. Diese Symbiose – angereichert um die zusätzliche Dimension des Storytelling – wurde im EU-Projekt „80Days“ adressiert. Das Projekt war im ICT-Bereich „Technology-enhanced Learning“ angesiedelt. Die übergeordnete Motivation zielte darauf ab, Kenntnisse zu erhalten, inwieweit spielerische und narrative Konzepte (einzeln und in Kombination) die interaktive, IT-gestützte Wissensvermittlung positiv beeinflussen können. Wissenschaftlich-technische Fragestellungen adressierten sowohl die effiziente Erstellung als auch die Personalisierung und Adaption von derartigen Story-basierten Lernspielen, die adaptive Lernkonzepte mit (adaptiven) Gaming- und Storytelling-Konzepten vereinen.

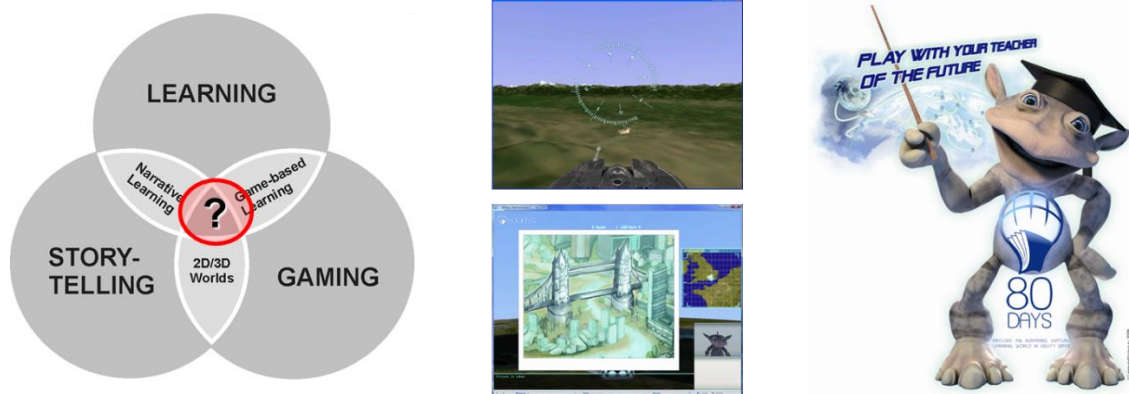


Abb. 16: 80Days – Integrierter Ansatz und gameplay; Feon als Lehrer der Zukunft? [GMRS09, GMW12].

Innerhalb des Projektes wurden hierfür Methoden und Konzepte entwickelt und anhand von konkreten Anwendungsszenarien (Demonstratoren „Save the Earth!“, „Lizard 1.0“ und „BatCave“) validiert. Abb. 16 zeigt einen Snapshot aus dem gameplay von „Save the Earth!“, das als Story-basiertes Lernspiel für Geographie prototypisch realisiert wurde. Spieler kommunizieren im Spiel bzw. den einzelnen Spielsituationen mit „Feon“ als Hauptfigur der Story/des Spiels. Die Gesamtstory/das Game Design und einzelne Spielsituationen wurden in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Domäne-Experten (von der ETH Zürich) im Bereich Geographie, Pädagogen (adaptive Learning, Trinity College Dublin), Psychologen (TU Graz, Kognitionspsychologie), Designern (Game Developer Studio Takomat) und Informatikern (Game Developer Studio Testaluna und Storytelling → Serious Games Gruppe am ZGDV/an der TU Darmstadt) sowie Spezialisten im Bereich Evaluation (Universität Leicester)

konzipiert: Die Story zu „Save the Earth!“ ist inspiriert durch die Scienc Fiction Serie „Hitchhiker’s Guide to the Galaxy“ und basiert dramaturgisch auf dem Storymodell der Heldenreise. Die Story/das Spiel ist unterteilt in Spielsituationen und Missionen (~Level/Quests in Computerspielen). Alle Situationen erfüllen in unterschiedlicher Ausprägung/Gewichtung eine dramaturgische, eine spielerische und eine Lernfunktion. Einige Situationen wie bspw. das Cinematic Intro (realisiert als dramaturgisch inszenierte Filmsequenz) dienen eindeutig dem Aufbau von Spannung mit einer entsprechenden dramaturgischen Funktion; andere Situationen/Missionen (vgl. „Road of Trails“ im Storymodell der Heldenreise) vereinen Spiel, Lernen und Story – mit Fokus auf Interaktion und Lernen.

Semantisch wurden von den Game-Designern und Content-Experten im Projekt alle Situationen im Game Design Dokument (textuell, partiell um Illustrationen für das gameplay angereichert) – korrespondierend zu den drei Dimensionen des NGLOB-Konzepts – in ihrer dramaturgischen/narrativen, spielerischen und Lernfunktion beschrieben. Darauf basierend haben die Game Designer die in 80Days definierten Szenarien bzw. Stories/Spiele prototypisch realisiert. Hierfür hat die Serious Games Gruppe an der TUD die Autorenumgebung StoryTec konzeptionell erweitert. Sie hält beispielsweise für die Szenen (Spielsituationen) und einzelnen Objekte im Spiel (im Property Editor) Attributierungsmöglichkeiten gemäß des NGLOB-Konzepts vor. Autoren können darin spezifizieren, wie gut einzelne Szenen/Spielsituationen für bestimmte dramaturgische Funktionen oder für bestimmte Spieler- und Lernertypen geeignet sind. Als Storymodell wurde, wie bereits erwähnt, in 80Days die Heldenreise [Camp68] verwendet; die Kategorisierung von Spielertypen erfolgte nach dem Player Modell von Bartle [Bartle96]. Die Attributierung von einzelnen Szenen/Spielsituationen erfolgte auf der Basis der Competence-based Knowledge Space Theory [KA12, HSHA06]. Für die Erstellung von Wissensräumen (und Abhängigkeiten zwischen Lerninhalten: logische Abfolge bei der Wissensvermittlung) wurde zusätzlich an der TU Darmstadt ein sogenannter „Knowledge Space Editor“ konzipiert und prototypisch realisiert. Zur Spezifikation von Übergängen nach dem Algorithmus des NGLOB-Konzeptes (s. Abschnitt 4) wurde in StoryTec das Konzept der „freien Transitionen“ eingeführt. Der Unterschied zu „hart verdrahteten“ Transitionen auf der Basis von linearen Verzweigungen zwischen den Situationen/Szenen und Missionen/Level besteht darin, dass die Auswahl der Folgeszene bei den freien Transitionen erst zur Laufzeit unter Einbezug des Kontextes und des Spielverlaufs bestimmt wird.

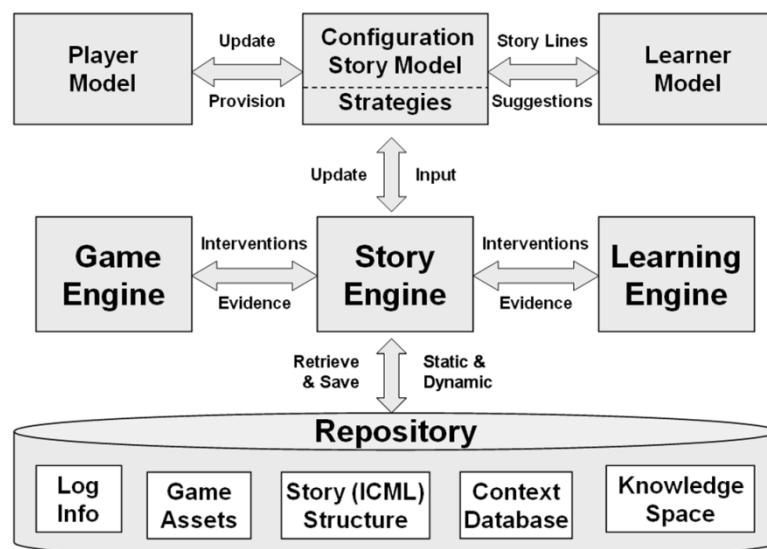


Abb. 17: 80Days – Modelle, Engines und Ablaufsteuerung [GMR09].

Die mit StoryTec erstellten Stories/Spiele sind in ICML (einem XML-Dialekt für interaktive Geschichten) kodiert und werden in die Story Engine als zentrale Steuerkomponente des 80Days runtime Systems geladen. Damit wird das Spiel gestartet. Während des Spiels kommuniziert die Story Engine ständig mit der Game Engine und der Learning Engine. Dabei wird geschaut, wie sich der Spielverlauf entwickelt und wie ein Anwender (Spieler/Lerner) zurechtkommt. Je nach Bedarf werden

dann seitens der Learning Engine sogenannte „Adaptive Interventions“ eingestreut (d.h. an die Story Engine als „Controller“ für die Game Engine geschickt), die den Spielverlauf unterbrechen bzw. versuchen, sinnvoll weiterzuführen. Beispielsweise werden über die Adaptive Interventions bei Nichtverstehen von Lerninhalten „Hilfesituationen“ eingefügt, in der nochmals bestimmte inhaltliche Sachverhalte (Lerninhalte) präsentiert werden.

Weitere Informationen zur technischen Integration/prototypischen Realisierung des NGLOB-Konzepts und dem Zusammenspiel der Engines im 80Days run-time System beschreiben Göbel et al. [GMR09] in ihrem Beitrag für den zweiten, dediziert auf Storytelling in Educational Games zugeschnittenen Workshop STEG'09.

Bei der prototypischen Realisierung des Lernspiels „Save the Earth!“ wurde schnell deutlich, dass dieser Demonstrator nicht gut geeignet ist, um das NGLOB-Konzept und dessen Funktionalität zur adaptiven Steuerung von digitalen, Story-basierten Lernspielen zu validieren. Der Grund hierfür liegt in der Komplexität der Story und den fehlenden Variationen der Szenen/Situationen im Spielverlauf. Zum wirklichen Validieren des NGLOB-Prinzips müssten im Prinzip alle Situationen in verschiedenen Varianten, d.h. Ausprägungen, die mehr oder weniger gut für bestimmte Player-Typen geeignet sind, vorhanden sein. Dies war im Rahmen des EU-Projektes 80Days nicht möglich bzw. die Content-Produktion wird seitens der EU und in der Forschung im Allgemeinen nicht gefördert (eine Ausnahme hierfür bietet beispielsweise das Creative Europe MEDIA Programm).

Anmerkung: Aus Sicht des Verfassers liegt hierin ein wesentlicher Grund, warum die im Rahmen von Forschungsprojekten entstandenen Serious Games oftmals als „schlecht“ eingestuft werden und geringe Nutzerakzeptanz finden (vgl. Kapitel 1.2 „Status Quo“).



Abb. 18: StoryTec Player „BatCave“ – Rapid Prototyping, NGLOB Visualisierung und Analyse [MWGS10].

Basierend auf dieser Situation wurde im Rahmen von 80Days ein weiterer Demonstrator namens „Bat Cave“ konzipiert [MWGS10], der weniger Wert auf die vollständige Ausgestaltung des Spiels/der Story und der Spielsituationen legt, sondern vielmehr durch vielfältige Variationsmöglichkeiten im Ablauf geprägt ist. Dazu wurde die Autorenumgebung StoryTec weiterentwickelt und ein „wissenschaftlicher Player“ als „Analysetool“ geschaffen, bei dem das Spiel nicht voll ausgestaltet ist, sondern auf

wesentliche Informationen und Funktionalität im Ablauf (d.h. Interaktionen und Transitionen) reduziert ist.

Im rechten Teil des Players (s. Abb. 18) werden sämtliche Interaktionen der Nutzer und der so entstehende Spielverlauf protokolliert, und Autoren/Wissenschaftlicher können leicht nachvollziehen, wie sich das Spielermodell oder der Lernfortschritt im Spiel entwickelt. Zusätzlich kann so leicht nachvollzogen werden, warum ein Spiel zu einem bestimmten Zeitpunkt – basierend auf a) den in der Authoring-Phase festgelegten Spielstrukturen und möglichen Transitionen zwischen Spielsituationen und b) dem aktuellen Kontext im Spiel inkl. dem Spielermodell – in eine bestimmte Richtung fortgeführt wird bzw. warum eine bestimmte Folgesituation aus dem Set an möglichen Folgesituationen ausgewählt wird.

Bat Cave wurde zur Validierung der Konzepte im Rahmen von informellen, bilateralen „Authoring Sessions“ mit Autoren (Domäne-Experten) innerhalb des Konsortiums von 80Days und auch mit weiteren Kolleginnen und Kollegen der Serious Games Gruppe am Lehrstuhl Multimedia Kommunikation der TU Darmstadt sowie mit Mitgliedern des gleichnamigen interdisziplinären Forschungsschwerpunktes Serious Games an der TU Darmstadt zur Erstellung einer adaptiven TUD-Story genutzt. Qualitative Interviews haben bestätigt, dass die Autoren mit der Autorenumgebung StoryTec gut zurechtgekommen sind; insbesondere wurde von den Nutzern der Benefit von StoryPlay als Analysewerkzeug positiv bewertet.

StoryTec wird inzwischen kontinuierlich im Rahmen diverser F&E-Projekte zur Erstellung von Serious Games (vor allem im Lernbereich) eingesetzt. Auch wurde StoryTec von Reuter genutzt und konzeptionell erweitert zur Erstellung von Multiplayer-Szenarien [Reuter16]. Aktuell arbeitet die Serious Games Gruppe an der TU Darmstadt an einer Web-basierten Version von StoryTec, die gegenüber der offline-Version (Windows) durch das Bereitstellen von Templates und Wizards noch einfacher zu bedienen ist und speziell Autoren ohne IT-/Programmierkenntnisse noch besser unterstützen soll.

Zur Bestimmung der anwendungsbezogenen Effekte im Bildungsbereich werden zunehmend learning analytics Ansätze eingesetzt, die es in Richtung serious games analytics (Loh et al., 2015, [LSI15]) zu erweitern gilt. Einen ersten Ansatz hierfür bieten Mehm et al. [MWGS10], die im Kontext des EU-Projekts 80Days einen „wissenschaftlichen Player“ (StoryPlay) – als Teil der Autorenumgebung StoryTec – zum Testen von (mit StoryTec erstellten) Serious Games konzipiert haben, s. auch Abbildung 15 in Abschnitt 4.1.

5.2 ErgoActive: Personalisiertes, spielerisches Ausdauertraining

Analog zum Einsatz von Lernspielen in der Bildung ist es naheliegend, spielerische Ansätze auch zur Förderung der Gesundheit einzusetzen, sei es für die Prävention und Rehabilitation, für Körper und Geist (Bewegung, Kognition) oder als spielerisches Konzept zur nachhaltigen Verhaltensänderung, z.B. im Bereich Ernährung. Abschnitt 1.2.2 skizziert Trends im Bereich Gesundheit/mHealth und zeigt auf, welche Effekte mit Gesundheitsspielen dabei erzielt werden können.

Göbel, Hardy et al. erforschen in diesem Bereich seit 2010 insbesondere personalisierte Exergames [GHW+10]. Die grundlegende Idee dabei ist, das spielerische Training samt Gameplay auf die Charakteristik von individuellen Nutzern und Nutzergruppen automatisiert anzupassen. Beispiele umfassen die personalisierten Gesundheitsspiele „ErgoActive“ als personalisiertes Ausdauer-/Cardio-Training und „BalanceFit“ zur Stärkung der Koordination, Kraft und Balance [HKD+14, HDW+14, HHWG15].

Die Entwicklung dieser Spiele erfolgt in Kooperation zwischen Informatikern/Spieleentwicklern und Sportwissenschaftlern sowie Ärzten/Therapeuten als Fachexperten. Am Beispiel von ErgoActive soll dies genauer erläutert werden: Ärzte und Therapeuten (u.a. von den Darmstädter Kinderkliniken

Prinzessin Margaret oder dem Reha-Zentrum INSULA) versprechen sich von dem Einsatz von Gesundheitsspielen einen Motivationsgewinn (zur sportlichen Betätigung) bei ihren jungen Patienten, die gerade eine Adipositas-Therapie absolvieren. Die Fachexperten skizzieren die Charakteristik ihrer Patienten (Vitalstatus, Gewicht) und beschreiben, welche Therapieprogramme sie einsetzen bzw. wie spielerisches Training in die Therapie integriert werden könnte. Sportwissenschaftler konzipieren Trainingsprogramme mit Belastungsintervallen, Frequenzen, Dauer und Angaben zur Belastung in den einzelnen Phasen – primär basierend auf den Regelungen von Robergs und Tanaka „ $HR_{max} = 220 - age$ “ bzw. „ $HR_{max} = 208 - 0.7 * age$ “ [RL02, TMS01]. Die Spieleentwickler transformieren die Trainingsprogramme in Game Design/gameplay [SHM07, HDW+14] und entwickeln einen Prototyp des Spiels. Im Falle von ErgoActive waren dies im ersten Ansatz drei verschiedene Varianten („Taubenflug“, „Film“ und „Balance“). Diese Prototypen werden mit der Zielgruppe in ersten Tests im Hinblick auf Funktionalität (feasibility) und Nutzerakzeptanz (usability, User/Game Experience) validiert und es wird Feedback gesammelt – insbesondere bzgl. des gameplay und UX/GX Aspekten (vgl. Abschnitt 2.3 Evaluationsmethoden, Fragebogen, etc.). Die Ärzte/Therapeuten und Sportwissenschaftler begleiten die Tests bzw. werten die protokollierten Vitaldaten (Belastungswerte) aus. Daraufhin werden das Trainingsprogramm und das Game Design/gameplay iterativ überarbeitet. Zudem werden zur personalisierten, adaptiven Steuerung der Spiele Sensor-gestützte Mechanismen (Tretwiderstand, Geschwindigkeit als auch psychophysiologische Messungen zur Erfassung von Vitalparametern wie Herzfrequenz) eingesetzt. Die Kommunikation zwischen Ergometer und Rechner (Spiel) erfolgt bidirektional, d.h. Tretwiderstand/Geschwindigkeit oder Belastung werden zur Steuerung der Spiele und von einzelnen Spielobjekten eingesetzt (bspw. zur Steuerung des Abspielens eines Films/einer Strecke in der Spielvariante „Film“, zur Steuerung des Siderscrollers und der Taube im Taubenspiel oder zur Steuerung des Clowns im Balancespiel), andererseits erfolgt eine Rückkopplung des Spiels an die Sensorik/Mechanik. Sollte beispielsweise die Belastung eines Spielers den intendierten Belastungsintervall verlassen, reduziert/erhöht sich automatisch der Tretwiderstand am Ergometer.

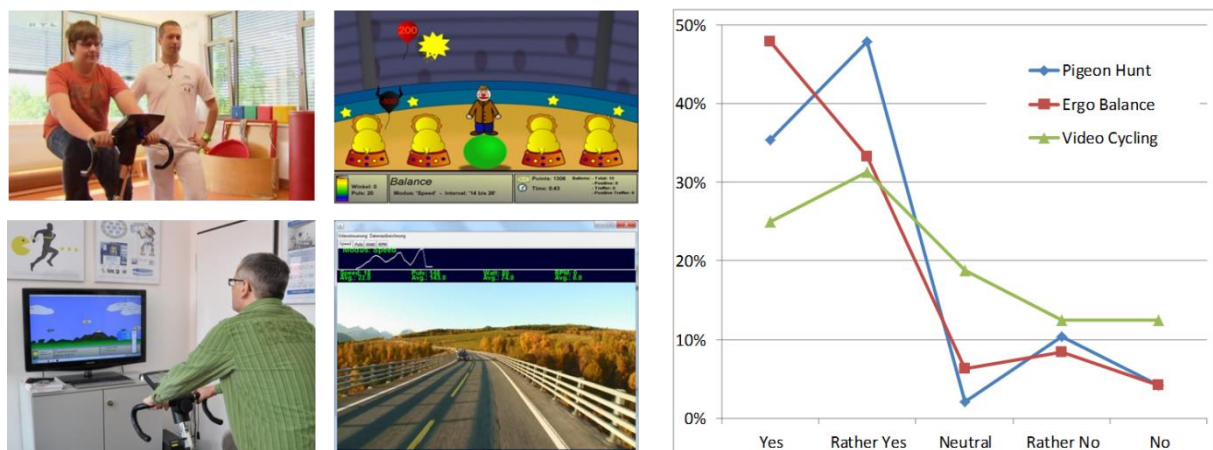


Abb. 19: ErgoActive – Spielvarianten „Taubenflug“, „Balance“ und „Film“; Evaluation [GHW+10, HGS13]. Das Diagramm rechts stellt die Ergebnisse auf die Frage „motiviert Dich das Spiel?“ dar.

ErgoActive wurde sowohl mit der eigentlichen Zielgruppe (adipöse Jugendliche) in der Klinik als auch mit freiwilligen Teilnehmern in einem Fitnessstudio evaluiert. Die Evaluation mit den Jugendlichen in der Klinik ist nicht repräsentativ, da die Stichprobe zu gering war, sie wird daher an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt – jedoch ist festzustellen, dass die Therapeuten im Einsatz von ErgoActive durchaus einen Motivationsgewinn der Jugendlichen in der sportlichen Betätigung wahrgenommen haben. An der Studie im Fitnessstudio haben 48 Personen im Alter von 14-64 Jahren teilgenommen ($M=31.69$, $SD=14.82$, Gender-Verteilung: 70.8% männlich, 29.2% weiblich); alle Teilnehmer spielten in zufälliger Reihenfolge alle drei Spielvarianten und füllten sowohl vor dem Beginn als auch nach Beendigung aller drei Spielvarianten jeweils einen Fragebogen aus. (zu Beginn wurden allgemeine Angaben zu ihrem Vitalstatus, der sportlichen Betätigung und zum Medienkonsum erfragt; am Ende wurde prinzipiell gefragt, wie die Spielvarianten wahrgenommen wurden, vgl. dazu auch den Fragebogen von Gutjahr

zur Erfassung des Spielspaßes in Serious Games [GGH13]). Wesentliche Erkenntnisse der Studie konnten so im Hinblick auf die User Experience in den einzelnen Varianten gewonnen werden: Das Taubenspiel und das Balancespiel wurden gegenüber dem Film als motivierender wahrgenommen. Auch zeigte die Studie, dass Frauen die Spiele insgesamt besser bewertet haben, was durchaus auf Gender-Aspekte in der Wahrnehmung schließen lässt. Auch konstatierten 83,3% der Teilnehmer, dass die das Spiel/die Spielvarianten von ErgoActive durchaus gerne wieder spielen würden, und 77,1% gaben an, dass sie eine derartige spielerische Variante gegenüber herkömmlichem Cardio-Training bevorzugen würden. 31,2% wären sogar bereit, ErgoActive käuflich für die Nutzung zuhause zu erwerben (ohne konkrete Angabe über einen Preis). Weitere Informationen zur Studie beschreiben Hardy et al. in [HDW+14].

Eine weitere Studie von Hoffmann et al. [HHWG15] fokussiert auf sportwissenschaftliche Aspekte, d.h. vor allem auf die Entwicklung von personalisierten Exergames basierend auf wissenschaftlich fundierten Trainingsprogrammen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Serious Games haben großes Potential, wertvolle Beiträge für die gesellschaftlich relevanten Bereiche Bildung und Gesundheit zu leisten. Singuläre Studien zeigen positive Effekte von Serious Games; Konzepte zur Personalisierung und Adaption erhöhen den individuellen Nutzen für Anwender. Dennoch sind Serious Games noch nicht sehr weit verbreitet, und die Nutzerakzeptanz ist oftmals gering. Dies liegt primär an der Diskrepanz zwischen der Erwartungshaltung der Nutzer und den Dimensionen geringeren Entwicklungsbudgets von Serious Games gegenüber Unterhaltungsspielen.

Für den Marktdurchbruch von Serious Games – u.a. im Gesundheitsbereich bis hin zur Akzeptanz der Gesundheitsspiele als „Tool“ für die Therapie und Medikation – sind weitere belastbare Studien notwendig, die insbesondere die langfristige Motivationsförderung und nachhaltige Effekte „beweisen“. Unter dem Motto „Qualität hat ihren Preis“ bestätigt die Studie von Kato et al. [KCBP08], dass Spiele wie Re-Mission mit höheren Entwicklungsbudget im Allgemeinen auch zur besseren Akzeptanz führen. Wissenschaftlich-technische Ansätze zur kosteneffizienten Erstellung/Produktion von Serious Games bieten die Chance, die Diskrepanz zwischen der Erwartungshaltung und der Qualität zu reduzieren.

6.1 Ergebnisse – Zusammenfassung der Beiträge der Arbeit

Diese Habilitationsschrift fasst – basierend auf dem Status Quo von Serious Games – wesentliche Beiträge zur effizienten Erstellung, der personalisierten, adaptiven Ablaufsteuerung und der Evaluation von Serious Games zusammen. Die Autorenumgebung StoryTec ist über viele Jahre gewachsen und erlaubt die Erstellung von Story-basierten Lernspielen und interaktiven Anwendungen und Serious Games im Allgemeinen. Das Authoring Tool „StoryTec Editor“ ermöglicht es, Anwendern ohne IT- und Programmierkenntnisse interaktive Szenarien, Anwendungen und Spiele zu erstellen; die Abspielkomponente „StoryPlay“ ermöglicht die Analyse des Spielverlaufs und des Spielerverhaltens. Dabei liegt das Prinzip der Narrative Game-based Learning Objects (NGLOB) zugrunde, das die Dimensionen Story(telling), Spielen und Lernen miteinander vereint und die personalisierte, adaptive Steuerung von Story-basierten Lernspielen ermöglicht.

Die in der Arbeit vorgestellten Konzepte wurden in Form eines „Proof of Concept“ sowohl im Kontext des EU-Projekts 80Days als auch in dem personalisierten Exergame ErgoActive validiert. Experimentelle Benutzerstudien zeigen die Akzeptanz und das vielversprechende Potential der vorgestellten Konzepte und Prototypen für weiterführende Arbeiten und den Technologietransfer.

6.2 Ausblick – weiterführende Forschungsarbeiten

Neben der Weiterführung und Optimierung der Konzepte in den Bereichen Authoring (u.a. im Hinblick auf prozedurale Content-Generierung und einhergehender Reduzierung der Entwicklungskosten), Control (verbesserte Algorithmen zur Ablaufsteuerung auf der Basis von möglichst zuverlässigen Informationen zu den Nutzerbedürfnissen, Spielkontext und Nutzercharakteristik wie beispielsweise Vitaldaten) und Evaluation („objektive“ Bestimmung der Effekte unter Nutzung von Technologie-gestützten Messverfahren) sind vor allem langfristige Studien erforderlich, die den nachhaltigen Nutzen von Serious Games zeigen – sowohl für den Spielspaß als auch für die beabsichtigten Effekte für das characterizing goal eines Serious Games.

Des Weiteren arbeiten Göbel et al. [GM17] bereits heute an dem Aufbau eines Information Centers für Serious Games, das Metadaten-gestützt die Beschreibung und das Auffinden von für individuelle Nutzer geeigneten Spielen ermöglicht. Grundlage hierfür ist das von Göbel konzipierte Metadatenformat für Serious Games [GGS11]. Dies soll auch als DIN-Spec standardisiert werden.

7 Literaturverzeichnis

Anmerkung Letzter Zugriff auf alle URLs: 11. März 2017.

- [ATools] Authoring Tools articy:draft, <http://www.nevigo.com/en/articydraft/overview/>; gamebook, <http://www.crumblyheadgames.co.uk/>
- [Bartle96] Bartle, R. (1996). Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs. *Journal of MUD Research*, 1(1), 19.
- [BBTB08] Baranowski, T., Buday, R., Thompson, D.I., Baranowski J. (2008). Playing for real. Video games and stories for health-related behavior change. *American Journal of Preventive Medicine* 2008; 34(1):74-82.
- [BFC+09] Brockmyer, J. H., Fox, C. M., Curtiss, K. A., McBroom, E., Burkhart, K. M., & Pidruzny, J. N. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 624-634.
- [BH13] Backlund, P., Hendrix, M. (2013). Educational Games – Are they Worth the Effort? A Literature Survey of the Effectiveness of Serious Games. In *5th Intl Conf on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, p 1-8. doi:10.1109/VS-GAMES.2013.6624226.
- [Bing16] Bingham, P. (2016). Respir Games – Asthma Therapy. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, Application Examples, pp. 366-367. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [BIU17] Bundesverband Interaktive Unterhaltungssoftware: Deutscher Markt für digitale Spiele 2015. <https://www.biu-online.de/marktdaten/deutscher-markt-fuer-digitale-spiele-2015/>
- [BLG+97] Brown, S.J., Lieberman D.A., Gemeny, B.A., Fan, Y.C., Wilson, D.M., Pasta, D.J. (1997). Educational video game for juvenile diabetes: results of a controlled trial. *Inform Health Soc Care* 22(1):77–89.
- [BMEL] Branchenmonitor zur Umsatzentwicklung der E-Learning-Branche in Deutschland, www.mmb-institut.de
- [BMEL08] Bradley, M.; Miccoli, L.; Escrig, M.; Lang, P.: The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology* 45(4) (2008), 602–607.
- [BPS] British Psychological Society. Ethische Standards und Anforderungen, <http://www.bps.org.uk/what-we-do/bps/ethics-standards/ethics-standards>
- [BV MED] Branchenbericht Medizintechnologien, <https://www.bvmed.de/de/bvmed/publikationen>
- [Camp68] Campbell, J. (1968). *The hero with a thousand faces*. University Press, Princeton, NJ, USA.
- [CBA+12] Connolly, T.M., Boyle, E.A., MacArthur, E., Hainey, T., Boyle, J.M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education* 59 (2), 661-686.
- [CCL09] Cavazza, M., Champagnat, R., Leonardi, R. (2009). The IRIS Network of Excellence: Future Directions in Interactive Storytelling. In *Proceedings of the 2nd Joint International Conference on Interactive Digital Storytelling (ICIDS-09)*, Guimarães, Portugal, pp. 8-13.

-
- [CSB+00] Cuthbert, B. N.; Schupp, H. T.; Bradley, M. M.; Birbaumer, N.; Lang, P.: Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology* 52(2) (2000), 95–111.
- [Csik75] Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass.
- [deFrei06] de Freitas, S. (2006). Using games and simulations for supporting learning. *Learning, Media and Technology* 2006; 31 (4): 343-358.
- [DGEW16] Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., Wiemeyer, J. (2016). *Serious Games - Foundations, Concepts and Practice*. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [DGK+16] Dörner, R., Göble, S., Kickmeier-Rust, M., Masuch, M., Zweig, K. (2016). *Entertainment Computing and Serious Games. International GI-Dagstuhl Seminar 15283, Dagstuhl Castle, Germany, July 5-10, 2015. Revised Selected Papers*. Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI. 9970. Springer International Publishing.
- [Dutz16] Dutz, T. (2016). *Pervasive Behavior Interventions – Using Mobile Devices for Overcoming Barriers for Physical Activity*. Dissertation, TU Darmstadt, FG Multimedia Kommunikation.
- [DVC+14] DeSmet, A., Van Ryckeghem, D., Compernelle, S., Baranowski, T., Thompson, D., Crombez, G., & Vandebosch, H. (2014). A meta-analysis of serious digital games for healthy lifestyle promotion. *Preventive medicine*, 69, 95-107.
- [ECGBL] European Conference on Games-based Learning, <http://www.academic-conferences.org/conferences/ecgbl/>
- [EUAG14] EU Horizon 2020. ICT-21-14 Advanced Gaming, <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/ict-21-2014.html>
- [FDF+12] Fleming, T., Dixon, R., Frampton, C., Merry, S. (2012). A pragmatic randomized controlled trial of computerized CBT (SPARX) for symptoms of depression among adolescents excluded from mainstream education. *Behav Cogn Psychother* 40(05):529–554.
- [FDG] Foundations of Digital Games conferences, <http://www.foundationsofdigitalgames.org/>
- [FGZ04] Feix, A., Göbel, S., Zumack, R. (2004). DinoHunter: Platform for Mobile Edutainment Applications in Museums. In: S. Göbel et al. (Eds.) *TIDSE 2004, Proceedings*, LNCS 3105, pp. 264-269, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.
- [FOGG09] Fogg, B.J. (2009). A behavior model for persuasive design. In *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology* (p. 40). ACM.
- [FH10] Fürnkranz, J. & Hüllermeier, E. (2010). *Preference Learning*. Springer-Verlag.
- [Fürn01] Fürnkranz, J. (2001). *Machine Learning in Games: A Survey*. In Fürnkranz & Kubat (eds.) *Machines that Learn to Play Games*, pp. 11--59, Nova Science Publishers.
- [G4HE] Games for Health Europe, <http://www.gamesforhealthurope.org>
- [GaF05] Göbel, S., Becker, F. (2005). INSCAPE – Interactive Storytelling for Creative People. In: *EVA 2005 Berlin. Proceedings*, p. 136-141, January 2005.
- [GaaA05] Göbel, S., Becker, F., Feix, A. (2005). INSCAPE: Storymodels for Interactive Storytelling and Edutainment Applications. In: G. Subsol (Ed.) *Virtual Storytelling 2005*, LNCS 3805, pp. 168-171. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [Gaa+07] Göbel, S., Iurgel, I., Rössler, M., Hülken, F., Eckes, C. (2007). Design and Narrative Structure for the Virtual Human Scenarios. In Z. Pan et al. (eds.) *International Journal of Virtual Reality*, vol. 6, no. 4, pp. 1-10, 2007.
-

-
- [GALA] Games and Learning Alliance – Network of Excellence for Serious Games, http://cordis.europa.eu/project/rcn/96789_en.html
- [GDG16] Garcia-Agundez, A., Dutz, T., Göbel, S. (2017) Adapting smartphone-based photoplethysmography to suboptimal scenarios. *Physiological Measurement*, 38(2), 219.
- [GDWH15] Göbel, S., Dörner, R., Wendel, V., Hardy, S. (2015). Computerspiele für mehr als nur Unterhaltung – Ernsthaft? Beitrag Grundlagen – Serious Games in *iX Developer 2015 – Spieleentwicklung*. Ausgabe 1/2015, S. 38-42.
- [GEngines] <https://unity3d.com/>, <http://www.crytek.com/cryengine>, <https://www.unrealengine.com>
- [GF05] Göbel, S., Feix, A. (2005). MuViPlan: Interactive Authoring Environment To Plan Individual Museum Visits. In: J. Trant & D. Bearman (Eds.) *Museums and the Web 2005: Proceedings*, Toronto: Archives & Museum Informatics, March 31, 2005.
- [GGH13] Göbel, S., Gutjahr, M., Hardy, S. (2013). Evaluation of Serious Games. In: Klaus Bredl, Wolfgang Bösch (Eds.): *Serious Games and Virtual Worlds in Education, Professional Development, and Healthcare*, chap. 6, p. 105-116, IGI Global, March 2013. ISBN 9781466636736.
- [GGS11] Göbel, S., Gutjahr M., Steinmetz, S. (2011). What Makes a Good Serious Game - Conceptual Approach Towards a Metadata Format for the Description and Evaluation of Serious Games. In D. Gouscos, M. Meimaris (eds.) *Proc of the 5th European Conference on Games Based Learning*, pp. 202-210, Reading, UK: Academic Conferences Limited.
- [GHKE16] Göbel, S., Hugo, O., Kickmeier-Rust, M., Egenfeldt-Nielsen, S. (2016) *Serious Games – Economic and Legal Issues*. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 11, pp. 303-318. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [GHPs] <https://developers.google.com/fit/>, <https://developer.apple.com/healthkit/>, <https://validic.com>, <http://sigmasport.com/de/produkte>
- [GHW+10] Göbel, S., Hardy, S., Wendel, V., Mehm, F., Steinmetz, R. (2010). Serious Games for Health - Personalized Exergames. In: *Proceedings ACM Multimedia 2010*, p. 1663-1666.
- [GK02] Games and Knight, 2002. America's Army. <https://www.americasarmy.com>
- [GKS+07] Göbel, S., Konrad, R., Salvatore, L., Sauer, S., Osswald, K. (2007). U-CREATE: Authoring Tool for the Creation of Interactive Storytelling based Edutainment Applications. In: Vito Cappellini and James Hemsley (Eds.) *Electronic Imaging & the Visual Arts*, Proceedings EVA 2007, Florence, pp. 53-58. Pitagora Editrice Bologna.
- [Gluco] https://de.wikibooks.org/wiki/Edutainment-Spiele_im_Gesundheitswesen/_Glucoboy
- [GM13] Göbel, S., Mehm, F. (2013). *Personalized, Adaptive Digital Educational Games using Narrative Game-based Learning Objects*. In: W. Bösch, K. Bredl (eds.) *Serious Games and Virtual Worlds in Education, Professional Development, and Healthcare*. DOI: 10.4018/978-1-4666-3673-6.ch005, pp 74-84, IGI Global, Hershey.
- [GM17] Göbel, S., Maddison, R. (2017). Serious Games for Health: The Potential of Metadata. *Games for Health Journal*. February 2017, 6(1): 49-56. doi:10.1089/g4h.2016.0034.
- [GMB06] Göbel, S., Malkewitz, R., Becker, F. (2006). Story Pacing in Interactive Storytelling. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, p. 419-428, 2006.
- [GMRS09] Göbel, S., Mehm, F., Radke, S., Steinmetz, R. (2009). 80Days: Adaptive Digital Storytelling for Digital Educational Games. In: Y. Cao, A. Hannemann, B. Fernández Manjón, S. Göbel, C. Hockemeyer, E. Stefanakis (Eds.) *Proc. of the 2nd Int. Workshop on*
-

- [GMW12] Göbel, S., Mehm, F., & Wendel, V. (2012). *Adaptive Digital Storytelling for Digital Educational Games*. In M. D. Kickmeier-Rust & D. Albert (Eds.). In *An Alien's Guide to Multi-Adaptive Educational Computer Games*, pp. 89-104. Santa Rosa, USA: Informing Science Press.
- [GMW+14] Göbel, S., Mehm, F., Wendel, V., Konert, J., Hardy, S., Reuter, C., Gutjahr, M., & Dutz, T. (2014). Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games. *Informatik Spektrum*, vol. 37, no. 6, p. 547-557, August 2014. DOI 10.1007/s00287-014-0824-2.
- [Göbel16] Göbel, S. (2016). *Serious Games Application Examples*. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, pp. 319-405. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [GSHK04] Göbel, S., Schneider, O., Holweg, D., Kretschmer, U. (2004). GEIST – Mobile Edutainment with GIS and Interactive Storytelling. Proceedings UbiGIS'04, Gävle, Schweden.
- [GSK08] Göbel, S., Salvatore, L., Konrad, R. (2008). StoryTec: A Digital Storytelling Platform for the Authoring and Experiencing of Interactive and Non-linear Stories. In: Paolo Nesi, Kia Ng, and Jaime Delgado (eds.) *Fourth International Conference on Automated Solutions for Cross Media Content and Multi-Channel Distribution*, no. DOI 10.1109, p. 103-110, IEEE computer society, January 2008. ISBN 978-0-7695-3406-0.
- [GW16] Göbel, S., Wendel, V. (2016). Personalization and Adaptation. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 7, pp. 161-210. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [GWRS10] Göbel, S., Wendel, V., Ritter, C., Steinmetz, R. (2010). Personalized, Adaptive Digital Educational Games using Narrative, Game-based Learning Objects. In: *Entertainment for Education. Digital Techniques and Systems 5th Int. Conf. on E-learning and Games, Edutainment 2010*, Changchun, China, August 16-18, 2010. Springer LNCS 6249, p. 438-445, Springer, August 2010. ISBN 978-3-642-14532-2.
- [HaaS04] Holweg, D., Schneider, O., Göbel, S. (2004). GEIST – Geschichte vor Ort erleben. Proceedings EVA 2004, Berlin.
- [HC04] Hunicke, R., Chapman, V. (2004). AI for dynamic difficulty adjustment in games. In D. Fu, S. Henke, and J. Orkin (eds.) *Proceedings of the AAAI-04 Workshop on Challenges in Game Artificial Intelligence*, pp. 91-96. AAAI Press, Technical Report WS-04-04.
- [HF16] Hieftje, K., Fiellin, L. (2016). Play Forward – HIV Prevention. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, pp. 363-365. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [HGG+12] Hardy, S., Göbel, S., Gutjahr, M., Wiemeyer, J., Steinmetz, R. (2012). Adaptation Model for Indoor Exergames. In: *International Journal of Computer Science in Sport*, Vol. 10, Special Edition: Serious Games – Theory, Technology & Practice. 2012.
- [HGDire] Health Games archive. <http://www.healthgamesresearch.org/db/search/tab=games>
- [HGSIO5] Hoffmann, A., Göbel, S., Schneider, O., Iurgel, I. (2005). *Storytelling-based Edutainment Applications*. In: Leo Tan Wee Hin and R. Subramaniam (eds.) *E-Learning and Virtual Science Centers*, p. 190-214, Hershey, January 2005. DOI: 10.4018/978-1-59140-591-7.ch00
-

-
- [HHWG15] Katrin Hoffmann, Sandro Hardy, Josef Wiemeyer, **Stefan Göbel**: Personalized Adaptive Control of Training Load in Cardio-Exergames – A Feasibility Study. *Games for Health Journal*. Volume 4, No. 6, 2015: 470-479. doi:10.1089/g4h.2014.0073
- [HO06] Habgood, J., Overmars, M. (2006). The game maker's apprentice: game development for beginners. Apress, 2006, ISBN 1-59059-615-3. Siehe auch <http://www.yoyogames.com>.
- [Hoch16] Hochreiter, C. (2016). Physik HD – Learn Adventure for Physics. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, pp. 350-351. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [Hocine15] Hocine N., Gouaïch A., Cerri S.A. (2014). Dynamic Difficulty Adaptation in Serious Games for Motor Rehabilitation. In: Göbel S., Wiemeyer J. (eds) *Games for Training, Education, Health and Sports*. GameDays 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8395. Springer, Cham.
- [Hocine13] Hocine, N. (2013). Adaptation in Serious Games for Motor Rehabilitation. PhD thesis, Université Montpellier 2.
- [Houl04] Houlette, R. (2004). Player Modelling for Adaptive Games. *AI Game Programming Wisdom II*, pages 557–566.
- [HSHA06] Heller, J., Steiner, C., Hockemeyer, C., Albert, D. (2006). Competence-based Knowledge Structures for Personalised Learning. *International Journal on E-Learning*, 5(1):75–88.
- [ICEC] International Conference on Entertainment Computing, <https://www.waset.org/conference/2017/04/dubai/ICEC>
- [IDATE10] IDATE Studie. http://www.idate.org/en/News/Serious-Games_643.html
- [JCSG] Joint Conference on Serious Games. <http://www.jointconference-on-seriousgames.org>
- [KA12] Kickmeier-Rust, M.D., Albert, D. (2012). An Alien's guide to multi-adaptive educational games. Informing Science Press, Santa Rosa, CA.
- [KC03] Kephart, J.O., Chess, D.M. (2003). The vision of autonomic computing. *IEEE Computer*, 1, Seiten 41–50.
- [KCBP08] Kato, P.M., Cole, S.W., Bradlyn, A.S. & Pollock, B.H. (2008). A video game improves behavioral outcomes in adolescents and young adults with cancer: A randomized trial. *Pediatrics* 122:e305-e317. Siehe auch <http://www.re-mission.net>
- [KGA08] Kickmeier-Rust, M., Göbel, S., Albert, D. (2008). Melding Adaptive Educational. In: Ralf Klamma, Nalin Sharda, Baltasar Fernández-Manjón, Harald Kosch and Marc Spaniol (eds.): *Proc. of the First International Workshop on Story-Telling and Educational Games (STEG'08)*, Maastricht, p. 8, CEUR Workshop Proceedings, January 2008. ISBN ISSN 1613-0073.
- [Konert15] Konert, J. (2015). Interactive Multimedia Learning. Using Social Media for Peer Education in Single-Player Educational Games. Springer Thesis. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-10256-6. <http://www.springer.com/de/book/9783319102559>
- [LA03] Louchart, S., Aylett, R. (2003). Solving the narrative paradox in VEs – lessons learned from RPGs. In: Rist, T., Aylett, R., Ballin, D. (Eds.) *Proceedings of the intelligent virtual agents, 4th International Workshop IVA 2003*, LNAI 2792. Springer, pp. 244-248.
- [LCM+13] LeBlanc, A.G., Chaput, J.-P., McFarlane, A., Colley, R.C., Thivel, D., et al. (2013). Active Video Games and Health Indicators in Children and Youth: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8(6): e65351.
-

-
- [Liaro16] Liarokapis, F. (2016). Roma Nova – Teaching History with CG and BCI. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, pp. 353-355. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4.
<http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [LJ14] Lund, H.H., Jessen, J.D. (2014). Effects of short-term training of community-dwelling elderly with modular interactive tiles. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, 3(5), 277-283.
- [LSI15] Loh, C. S., Sheng, Y., Ifenthaler, D. (2015). *Serious Games Analytics*. Springer.
- [LSLL13] Larsen, L.H., Schou, L., Lund, H.H., Langberg, H. (2013). The Physical Effect of Exergames in Healthy Elderly – A Systematic Review. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, 2(4), 205-212.
- [Martin11] Martin, P. (2001). The pastoral and the sublime in elder scrolls IV: oblivion. *Game Studies* 11(3). Siehe auch <http://www.elderscrolls.com/oblivion>
- [Mehm13] Mehm, F. (2013). Authoring of Adaptive Single-Player Educational Games. Dissertation, TU Darmstadt, FG Multimedia Kommunikation. <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/3721/>
- [Mehm10] Mehm, F. (2010). Authoring Serious Games. In *Proceedings of the 5th International Conference on the Foundations of Digital Games (FDG-10)*, pp. 271-273. New York: ACM.
- [MG09] Missura, O., Gärtner, T. (2009). Player modeling for intelligent difficulty adjustment. In J. Gama, V. Costa, A. Jorge, & P. Brazdil (eds.) *Proceedings of the 12th International Conference on Discovery Science (DS-09)*, pp. 197-211, Porto, Portugal. Springer-Verlag.
- [MHK+14] Mehm, F., Hendrich, A., Kauth, D., Göbel, S., Steinmetz, R. (2014). Procedural Content Generation in Educational Game Authoring Tools. In: *Proceedings of the European Conference on Games-based Learning*, Academic Conferences Limited, October 2014.
- [MHN13] <http://mobihealthnews.com/23418/most-patients-want-their-doctors-to-prescribe-apps/>
- [MHTG] Mobile Health (mHealth) Technologies and Global Markets,
<http://www.bccresearch.com/market-research/healthcare/mobile-health-hlc162a.html>
- [MKR16] Kickmeier-Rust, M.: 80Days – Adaptiv Game (Prototype) for Geography (2016). In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, J. Wiemeyer (eds.) *Serious Games – Foundations, Concepts and Practice*. Chapter 12, pp. 351-353. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4.
<http://www.springer.com/de/book/9783319406114>
- [ML87] Malone, T.W., Lepper, M.R. (1987). *Making Learning Fun: A Taxonomy of Intrinsic Motivations for Learning*. In: Aptitude, Learning and Instruction: III. Cognitive and affective process analyses, in Snow, R.E., and Farr, M.J. (eds.), Hillsdale, NJ: Erlbaum, p 223-253.
- [MMJ+07] Maddison, R., Ni Mhurchu, C.N., Jull, A., Jiang, Y., Prapavessis, H., Rodgers, A. (2007). Energy expended playing video console games: an opportunity to increase children's physical activity? *Pediatr Exerc Sci* 19(3): 334–43.
- [MWGS10] Mehm, F., Wendel, V., Göbel, S., Steinmetz, R. (2010). Bat Cave: A Testing and Evaluation Platform for Digital Educational Games. In: Bente Meyer (ed.): *Proceedings of the 3rd European Conference on Games Based Learning*, p. 251-260, Academic Conferences International, October 2010. ISBN 978-1-906638-79-5 CD.
- [MWR+15] Manzeschke, A., Weber, K., Rother, E., Fangerau, H. (2015). *Ethical questions in the area of age appropriate assisting systems*. German Federal Ministry of Education and Research, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
-

-
- [Nacke09] Nacke, L.E. (2009). *Affective Ludology: Scientific Measurement of User Experience in Interactive Entertainment*. Phd Thesis, Blekinge Institute of Technology, Doctoral Dissertation Series No. 2009:04.
- [Nacke10] Nacke, L.E. (2010). Wiimote vs. Controller: Electroencephalographic Measurement of Affective Gameplay Interaction. In: Kapralos B., Hogue A., Xu S. (eds.) *Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology (FuturePlay-10)*, pp. 159-166, Vancouver, BC.
- [NDG10] Nacke, L., Drachen, A., Göbel, S. (2010). Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. *International Journal of Computer Science in Sport*, vol. 9, no. Special Edition, p. 40-51, August 2010. ISSN 1684-4769.
- [Newzoo15] 2015 Global Games Market Report, <http://www.newzoo.com/insights/global-games-market-will-grow-9-4-to-91-5bn-in-2015/#LXq2EAHr0UxylQgI.99>
- [OB05] Osterberg, L., Blaschke, T. (2005). Adherence to medication. *New England Journal of Medicine*, 353(5), 487-497.
- [Obling12] Oblinger, DG. (2012). Let's talk analytics. EDUCAUSE Review. <http://er.educause.edu/articles/2012/7/lets-talk--analytics>
- [Prensky01] Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York; McGraw-Hill.
- [Pruschke09] Datenmodellierung und Kontrolle für Storytelling-basierte, adaptive Lernspiele. Diplomarbeit, TU Darmstadt, Fachgebiet Multimedia Kommunikation, KOM-D-0361.
- [PWC13] PricewaterhouseCoopers (2013). The mobile health global market report 2013-2017: the commercialization of mHealth apps. <http://research2guidance.com/product/mobile-health-market-report-2013-2017/>
- [R2G14] Research2Guidance (2014). mHealth App Developer Economics 2015, <https://research2guidance.com/product/mhealth-developer-economics-2015/>
- [RAGE] EU Projekt RAGE – Realising an Applied Gaming Eco-system, <http://rageproject.eu>
- [Reuter16] Reuter, C. (2016). Authoring Collaborative Multiplayer Games – Game Design Patterns, Structural Verification, Collaborative Balancing and Rapid Prototyping. Dissertation, TU Darmstadt, FG Multimedia Kommunikation. <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5616/>
- [RK15] Konrad, R. (2015). Vortrag „Kha“ auf der WWX Konferenz 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=vGQjlfq7BwI>
- [RL02] Robergs, R.A., Landwehr, R. (2002). The surprising history of the “HRmax=200-age” equation. *Off J Am Soc Exerc Physiol* 5:1-10.
- [RL14] ReportLinker (2014). Wearable Technology in Industry Verticals 2014-2019, <http://www.reportlinker.com>
- [SOG+04] Sauer, S., Osswald, K., Göbel, S., Feix, A., Zumack, R. (2004). Edutainment Environments. A Field Report on DinoHunter: Technologies, Methods and Evaluation results. In: D. Bearman & J. Trant (Eds.) *Museums and the Web 2004: Selected Papers from an International Conference*. Toronto: Archives & Museum Informatics, p. 165-172.
- [SB04] Squire, K., Barab, S. (2004). Replaying history: engaging urban underserved students in learning world history through computer simulation games. In: *Proceedings of the 6th international conference on learning sciences*, pp 505–512. International Society of the Learning Sciences. Siehe auch <http://civilization.com>
- [Schan03] Schandry, R. (2003). *Biologische Psychologie*. Weinheim: Beltz, 2003.
-

-
- [Schmol14] Schmoldt, D. (2014). Smart Medication: Electronic Diary, Medication Management and Analysis Tool of Haemophilia Home Treatment: Development, Implementation, Test and Operating of a Telemedicine Platform. *Int'l Journal of Information and Communication Technology Research*. Vol 4(3), March 2014, p. 74-84.
- [scoyo] scoyo. Lernplattform für Schüler, Lehrer und Eltern, <http://www.scoyo.de>
- [SEN05] Egenfeldt-Nielsen, S. (2005). *Beyond edutainment: exploring the educational potential of computer games*. Phd thesis, IT-University Copenhagen.
- [SGC10-11] Serious Games Conference 2010. Vortrag Stefan Göbel „Begriffsdefinition Serious Games“. ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/talks/DefinitionSeriousGames-SGC2010_2010.03.05_SG.pdf, siehe auch Webseite von nordmedia mit Rückblick auf die Veranstaltung http://www.nordmedia.de/pages/veranstaltungen/serious_games_conference/rueckblick/subpages/ct_29228/index.html sowie Moderationsfolien von Stefan Göbel für das Panel auf der SGC 2011: ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/talks/Podiumsdiskussion-SeriousGames-CeBIT-SGC_2011_SG.pdf
- [SGCS] Serious Games Classification System, provided by ludoscience. <http://serious.gameclassification.com>
- [SGS17] Serious Games Society. Serious Games Web Services Catalog, <http://services.seriousgamedesociety.org>
- [SHM07] Sinclair, J., Hingston, P., Masek, M. (2007). Consideration for the Design of Exergames. Proc 5th Int Conf Comput Graph Interact Tech Aust Southeast Asia. ACM, New York, NY, USA, pp 289-295.
- [SP13] Slade, S., Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1510-1529.
- [SS08] Sawyer, B., Smith, P. (2008). Serious Games Taxonomy. In: Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference. <https://thedigitalentertainmentalliance.files.wordpress.com/2011/08/serious-games-taxonomy.pdf>
- [SMB+17] Staiano, A. E., Marker, A. M., Beyl, R. A., Hsia, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Newton, R. L. (2016). A randomized controlled trial of dance exergaming for exercise training in overweight and obese adolescent girls. *Pediatric obesity*.
- [STAT16] Gesundheitsausgabenbericht 2014 des Statistischen Bundesamtes von März 2016, https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/03/PD16_08_0_23611.html
- [SW05] Sweetser, P., Wyeth, P. (2005). Game flow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Technology* 3:1-24.
- [TDM+10] Torrente, J., del Blanco, Á., Marchiori, E. J., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. (2010). <e-Adventure3D>: Introducing educational games in the learning process. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Education Engineering (EDUCON-10)*, pp. 1121-1126. IEEE Press.
- [THBK05] Tychsen, A., Hitchens, M., Brolund, T., Kavakli, M. (2005). The Game Master. In *Proceedings of the second Australasian conference on Interactive entertainment (IE '05)*. Creativity & Cognition Studios Press, Sydney, Australia, Australia, 215-222.
- [TMS01] Tanka, H., Monahan, K.D., Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 37:153-156.
- [Unger13] Thorsten Unger: Berufliche Orientierungsangebote für Jugendliche in der Metall- und Elektroindustrie: „Techforce“, „ExperiMINTe“ und „Ichhabpower.de“. In: Joachim Diercks, Kristof Kupka (Eds.) Recruitment – Spielerische Ansätze in Personalmarketing und –
-

auswahl, Seiten 85-94. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013. 10.1007/978-3-658-01570-1_6. Siehe auch <http://www.techforce.de>

- [WBH+15] Wendel, V., Bär, M.-A., Hahn, R., Jahn, B., Mehlretter, M., Göbel, S., Steinmetz, R. (2015). A method for automatic situation recognition in collaborative multiplayer Serious Games. *EAI Endorsed Transactions*, vol. 1, no. e4, p. 10, July 2015.
- [Wendel15] Wendel, V. (2015). Collaborative Game-based Learning – Automatized Adaptation Mechanics for Game-based Collaborative Learning using Game Mastering Concepts. Dissertation, TU Darmstadt, FG Multimedia Kommunikation.
<http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/4654/>
- [WHO14] World Health Organisation (2014). “mHealth – New horizons for health through mobile technologies.” Global Observatory for eHealth series.
<http://www.who.int/goe/publications/en/>
- [WK12] Wiemeyer, J., Kliem, A. (2012). Serious games in prevention and rehabilitation – A new panacea for elderly people? *Eur Rev Aging Phys Act* 2012; 9: 41-50.
- [WKG+15] Wendel, V., Krepp, S., Gutjahr, M., Göbel, S., Steinmetz, R. (2015). Game Mastering in Collaborative Serious Games: A Novel Approach for Instructor Support in Multiplayer Serious Games. *Int'l Journal of Game-based Learning*, vol. 5, no. 4, p. 23, October 2015.
- [WPW+12] Wernbacher, T., Pfeiffer, A., Wagner, M., Hofstätter, J. (2012). Learning by playing: can serious games be fun? In: *European conference on games based learning*. Academic Conferences International Limited, p 533.
- [ZRH06] Zagal, J. P., Rick, J., Hsi, I. (2006). Collaborative games: Lessons learned from board games. *Simulation & Gaming* 37(1):24-40.

8 Anhang – Ausgewählte Publikationen

Serious Games Lehrbuch

- [DGEW16] Ralf Dörner, Stefan Göbel, Wolfgang Effelsberg, Josef Wiemeyer: Serious Games - Foundations, Concepts and Practice. Springer International Publishing, August 2016. ISBN 978-3-319-40611-4. <http://www.springer.com/de/book/9783319406114>.

einschließlich der Beiträge

- Ralf Dörner, Stefan Göbel, Wolfgang Effelsberg, Josef Wiemeyer: Introduction. Chapter 1, p. 1-34.
 - Stefan Göbel, Viktor Wendel: Personalization and Adaptation. Chapter 7, p. 161-210.
 - Stefan Göbel, Oliver Hugo, Michael Kickmeier-Rust, Simon Egenfeldt-Nielsen: Serious Games - Economic and Legal Issues. Chapter 11, p. 303-318.
 - Stefan Göbel: Serious Games Application Examples. Chapter 12, p. 319-405.
- [GSK08] Stefan Göbel, Luca Salvatore, Robert Arthur Konrad. StoryTec: A Digital Storytelling Platform for the Authoring and Experience of Interactive and Non-Linear Stories. 4th Int. Conf. on Automated Solutions for Cross Media Content and Multi-channel Distribution (AXMEDIS), no. DOI 10.1109, p. 103-110, IEEE computer society. Florenz, 2008.
- [MWGS10] Florian Mehm, Viktor Wendel, Stefan Göbel, Ralf Steinmetz: Bat Cave: A Testing and Evaluation Platform for Digital Educational Games. In: Bente Meyer: Proceedings of the 3rd European Conference on Games Based Learning, p. 251-260, Academic Conferences International, October 2010. ISBN 978-1-906638-79-5 CD.
- [GWRS10] Stefan Göbel, Viktor Wendel, Christopher Ritter, Ralf Steinmetz: Personalized, Adaptive Digital Educational Games using Narrative, Game-based Learning Objects. In: Entertainment for Education. Digital Techniques and Systems 5th Int. Conf. on E-learning and Games, Edutainment 2010, Changchun, China, August 16-18, 2010. Springer LNCS 6249, p. 438-445, Springer, August 2010. ISBN 978-3-642-14532-2.
- [NDG10] Lennart Nacke, Anders Drachen, Stefan Göbel: Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. In: International Journal of Computer Science in Sport, vol. 9, no. Special Edition, p. 40-51, August 2010. ISSN 1684-4769.
- [GGH13] Stefan Göbel, Michael Gutjahr, Sandro Hardy: Evaluation of Serious Games. In: Klaus Bredl, Wolfgang Bösch (Eds.): Serious Games and Virtual Worlds in Education, Professional Development, and Healthcare, chap. 6, p. 105-116, IGI Global, March 2013. ISBN 9781466636736.
- [GMRS09] Stefan Göbel, Florian Mehm, Sabrina Radke, Ralf Steinmetz: 80Days: Adaptive Digital Storytelling for Digital Educational Games. In: Y. Cao, A. Hannemann, B. Fernández Manjón, S. Göbel, C. Hockemeyer, E. Stefanakis (Eds.) Proc. of the 2nd Int. Workshop on Story-Telling and Educational Games (STEG'09), August 2009, no. 498, CEUR Workshop Proceedings, sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-498/.
- [GHW+10] Stefan Göbel, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, Ralf Steinmetz: Serious Games for Health - Personalized Exergames. In: Proceedings ACM Multimedia 2010, p. 1663-1666, October 2010. ISBN ISBN: 978-1-60558-933-6.
- [GM17] Stefan Göbel, Ralph Maddison: Serious Games for Health: The Potential of Metadata. Games for Health Journal. February 2017, 6(1): 49-56. doi:10.1089/g4h.2016.0034.